ЛЮДИ НАУКИ

ОЛЕГ АРСЕНОВ

ГРИГОРИЙ ПЕРЕЛЬМАН И ГИПОТЕЗА ПУАНКАРЕ

РЕШЕНИЕ ОДНОЙ ИЗ САМЫХ УДИВИТЕЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ МАТЕМАТИКИ

ЭКСМО

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

Имя питерского математика Григория Перельмана не сходит с новостных полос. Еще бы — открытие сделал, а положенный миллион все не берет. За обсуждением денег и странностей математика как-то совсем не замеченным остался вопрос: «Так что же открыл такого великого Перельман, что это вызвало такую шумиху и столь высоко было оценено мировой общественностью?» А открытие его действительно значимо: доказана гипотеза Пуанкаре (сейчас это теорема Пуанкаре-Перельмана), справиться с которой лучшие умы не могли более 100 лет. Из этой теоремы вытекает масса удивительных выводов в космологии, квантовой механике, философии и даже религии.

-
- Предисловие
- Введение. Магическая сила математики
- Часть 1 Тайна Пуанкаре
- Гл. 1 Великий метафизик
- Гл. 2 Первый релятивист
- Гл. 3 Гипотеза Пуанкаре
- Часть 2. Загадка гения Перельмана
- Гл. 1. Математическая школа
- Гл. 2. Почерк гения
- Гл. 3 Человек и ученый
- Часть 3. Чудо парадоксального Мироздания
- Гл. 1. Мир, рожденный из ничего
- Гл. 2. Многомерное пространство-время
- Гл. 3. Игры на суперструнных бранах
- Часть 4. Мистика топологических абстракций
- Гл. 1. Многомирье
- Гл. 2. Топология квантового хронотопа
- Гл. 3. Избыточная гипотеза
- Заключение
- Словарь терминов
- Литература
- Ссылки на использованные иллюстрации
-
-
- notes
    - 1
    - 2

ГРИГОРИЙ ПЕРЕЛЬМАН И ГИПОТЕЗА ПУАНКАРЕ

РЕШЕНИЕ ОДНОЙ ИЗ САМЫХ УДИВИТЕЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ МАТЕМАТИКИ

Москва 2010

Арсенов О. О.
А 85 Григорий Перельман и гипотеза Пуанкаре / Олег Арсенов. — М.: Эксмо, 2010. — 256 с.: ил. — (Люди науки).
ISBN 978-5-699-44145-7
УДК 515.1
ББК 22.152

Предисловие

«В настоящее время в связи с возросшей ролью математики в современной науке и технике необычно большое число будущих инженеров, биологов, экономистов, социологов и т. д. нуждается в серьезной математической подготовке, которая давала бы возможность математическими методами исследовать широкий круг новых проблем, применять современную вычислительную технику, использовать теоретические достижения в практике».

Академик А. Д. Александров, научный руководитель Г. Я. Перельмана

Рис. 1. Медаль Филдса (аверс)

Эта престижная награда Международного математического союза, иногда называемая аналогом Нобелевской премии для математиков, чеканится один раз в четыре года на Королевском монетном дворе Канады и вручается королем Норвегии после соответствующего решения очередного Всемирного

математического конгресса.

Она была разработана известным канадским скульптором Р.-Т. Маккензи, изобразившим на аверсе лицо Архимеда из коллекции гемм Колумбийского университета в окружении латинской надписи, принадлежащей римскому поэту I века н. э. Манилиусу: «Выйти за круг обыденных представлений и ощутить себя хозяином Вселенной».

«Выдающийся российский математик, сотрудник Санкт-Петербургского отделения Математического института имени Стеклова РАН Григорий Перельман признан главным кандидатом на получение Филдсовской премии (FieldsMedal), имеющей статус Нобелевской премии по математике».

Российская газета, № 4151 (23 августа 2006 года)

«Российский математик Григорий Перельман, решивший гипотезу Пуанкаре, отказался от премии Математического института Клэя, которая составляет $1 млн. По слухам, ученый также не хочет принять Филдсовскую премию, главным кандидатом на которую он является».

Петербургские вести, электронный выпуск (31 мая 2010 года)

Рис. 2. Медаль Филдса (реверс)

Латынь на оборотной стороне гласит: «Всемирное собрание математиков награждает этой медалью за решение

нерешаемого». За надписью следует лавровая ветвь, а также знаменитая диаграмма с могилы Архимеда, содержащая цилиндр, вписанный в сферу (по легенде, Архимед завещал изобразить это на своем надгробии, считая своим важнейшим математическим достижением).

«Мировое математическое сообщество пришло к согласию, что Григорию Перельману в 2002 году удалось решить гипотезу Пуанкаре, с которой не могли справиться лучшие умы XX века. Частный математический институт США предложил присудить российскому математику премию в $1 млн за доказательство этой гипотезы. Заседание Всемирного союза математиков, на котором будет объявлен новый лауреат Филдсовской премии, состоится 22 августа 2006 года в Мадриде».

«Выдающийся российский математик Григорий Перельман стал лауреатом Премии тысячелетия Математического института Клэя (США) за доказательство гипотезы Пуанкаре. Это одна из семи величайших математических загадок, за решение которых Институт присуждает награду, учрежденную в 2000 году».
http://www.newsru.eom/russia/11jun2010/perelman.htm]

Этими и подобными новостями, касающимися загадочного поведения выдающего петербургского математика, уже несколько лет пестрят сообщения отечественных и зарубежных массмедиа. К глубокому сожалению, этот неожиданный ажиотаж вокруг имени гениального ученого связан отнюдь не с его великим вкладом в математическую науку. Все кружится вокруг его нежелания принять почести Всемирного математического союза и, главное, сенсационного отказа от головокружительного приза частного Математического института Клэя в 1 миллион долларов.

Современное общество с его прагматическими взглядами просто не в состоянии понять, как можно отказаться от преклонения перед золотым тельцом…

Впрочем, стоит лишь чуть глубже погрузиться в эту необычную историю, как многое начинает представать совершенно иным образом и за поверхностными репортажами

встает личная трагедия выдающейся личности, достойной высшей оценки своего интеллектуального вклада в копилку знаний человечества.

В студенческие годы мне посчастливилось прослушать лекцию знаменитого математика, геометра и тополога прошлого века А. В. Погорелого, посвященную проблеме Пуанкаре. Уже

тогда поразительно звучали некоторые мировоззренческие выводы, которые Алексей Васильевич делал, разъясняя смысл решений этой сложнейшей математической задачи и вытекающих из них следствий. Надо сказать, что академик Погорелый сочетал в себе редчайший дар блестящего ученого-исследователя и прекрасного педагога, поэтому многие его лекционные формулировки до сих пор поражают своей утонченностью. Помнится, и в тот раз, заканчивая рассказ о творчестве величайшего французского математика, физика и философа Анри Пуанкаре, академик Погорелый заметил, что, если кому-либо из нашего поколения удастся получить корректное решение проблемы Пуанкаре, это будет не только прорыв математической науки, но и новое миропонимание окружающей нас объективной реальности…

Введение. Магическая сила математики

«Да разве вся философия не похожа на запись, сделанную медом? На первый взгляд она выглядит великолепно. Но стоит взглянуть еще раз — и от нее остается только липкое пятно».

Альберт Эйнштейн

«Позиция, занятая физиками, должна напомнить нам о том, сколь значительная часть современной математики развилась из нашего непрестанного взаимодействия с окружающим физическим миром».

Моррис Клайн. Математика. Поиск истины

Рис. 3. Непостижимая простота и сложность Вселенной, описываемая математикой

«Вопреки впечатлению, которое обычно складывается у тех, кому довелось прослушать курс математики в стенах учебного заведения, математика — это не просто набор более или менее хитроумных приемов для решения задач. Математика открывает нам немало такого, о чем мы не знали и даже не подозревали, хотя речь идет о явлениях весьма существенных, и нередко ее выводы противоречат нашему чувственному

восприятию. Математика — суть нашего знания о реальном мире. Она не только выходит за пределы чувственного восприятия, но и оказывает на него воздействие».

Моррис Клайн. Математика. Поиск истины

Чтобы понять глубину творческого наследия великого

французского ученого и хотя бы отчасти вникнуть в загадочные обстоятельства, окружающие некоторые разработки Пуанкаре, надо окунуться в научную атмосферу начала позапрошлого века…

К началу XIX века, по словам замечательного ученого, популяризатора и историка науки Морриса Клайна, математика напоминала величественное двухтысячелетнее дерево, прочно стоящее на почве физической реальности с могучими корнями и мощными ветвями, возвышающееся над всеми остальными областями знания. Мог ли кто-нибудь усомниться в том, что такому дереву суждено жить вечно! Действительно, убеждение в том, что природа основана на математических принципах, крепло с каждым днем. Задача математиков состояла в том, чтобы открывать эти принципы и познавать законы, управляющие Вселенной, а сама математика считалась инструментом, как нельзя лучше приспособленным для решения этой грандиозной задачи. Казалось, что нет границ познанию и что, в конце концов, можно разгадать все сокровенные загадки и тайны Мироздания.

Мало кто догадывался в то время, что в корнях великого математического древа давно уже копошатся черви сомнений и вот-вот на поверхность покажется нечто совершенно необычное и малопонятное — неевклидова геометрия. Трудно, но неизбежно возникает мысль, что сама по себе математика еще ничего не говорит о строении Космоса и тем более имеет мало общего с доказательством божественной природы Мироздания. Креационизм в лице священнослужителей получил страшный удар, подкрепленный атеизмом эпохи Просвещения, и никогда уже не смог претендовать на завоеванное кострами инквизиции место. Получалось, что именно человек является высшим разумом во Вселенной, ведь именно

он устанавливает порядок в Природе, выявляет ее простоту и математическую регулярность. Тут самое место еретической мысли, что в Природе вообще может быть не заложено никаких математических принципов. Вернее даже будет сказать, что математика — всего лишь некий довольно ограниченный план постижения окружающей реальности. Правда, это вполне осуществимый и достаточно рациональный план.

Моррис Клайн приводит слова юного французского гения Эвариста Галуа, так рано трагически ушедшего из жизни: *«Эта наука — всего лишь одно из множества творений человеческого разума, более приспособленного к тому, чтобы изучать и искать истину, чем к тому, чтобы ее находить и познавать».*

Конечно, и тогда раздавались рассудительные голоса о том,

что, даже если математика утратила свое место в цитадели истины, в физическом мире она прочно удерживает свои позиции. Профессор Клайн утверждает, что нельзя было обойти или недооценить главное: математика была и остается превосходным методом исследования, открытия и описания физических явлений. В некоторых областях физики, подчеркивает профессор Клайн, математика составляет саму суть нашего понимания физического мира. При этом даже если математические структуры сами по себе не отражают реальности физического мира, их, тем не менее, можно считать единственным ключом к познанию реальности. Неевклидова геометрия не только не уменьшила ценности математики в этом отношении и не подорвала доверия к ее результатам, но напротив, как это ни парадоксально, способствовала расширению ее приложений, поскольку математики, почувствовав большую свободу в исследовании радикально новых идей, обнаружили, что некоторые из них вполне применимы во многих областях человеческой деятельности.

Получилось так, что, несмотря на рост ее абстрактного содержания, роль математики в упорядочении знаний об окружающем мире непрерывно возрастала. Немаловажно, что при этом резко увеличивались масштаб и точность охвата природных явлений.

Моррис Клайн считает, что здесь мы сталкиваемся с явно парадоксальной ситуацией. Область знания, больше не пре-

тендующая на роль носителя истины, подарила нам прекрасно согласующуюся с повседневным опытом евклидову геометрию, необычайно точную гелиоцентрическую теорию Коперника и Кеплера, величественную и всеохватывающую механику Галилея, Ньютона, Лагранжа и Лапласа, а также физически необъяснимую, но имеющую весьма широкую сферу приложений теорию электромагнетизма Максвелла, теорию относительности Эйнштейна с ее тонкими и необычными выводами и позволила многое понять в строении атома. Все эти блестящие достижения опираются на математические идеи и рассуждения. Возможно, в отрасли знания, о которой идет речь, все-таки заключена некая магическая сила, позволившая ей одержать столько побед, хотя сражалась она под непобедимым знаменем истины?

Рис. 4. Альберт Эйнштейн (1879–1955) в молодости, во времена работы в Бернском патентном бюро

«…Возникает вопрос, который волновал исследователей всех времен. Почему возможно такое превосходное соответствие математики с реальными предметами, если сама она является произведением только человеческой мысли, не связанной ни с каким опытом? Может ли человеческий разум без всякого опыта, путем только размышления понять свойства реальных вещей?»

А. Эйнштейн. Работы по общефилософским вопросам естествознания

-11-

Проблема мистической силы, таящейся в математических построениях, привлекала к себе многих выдающихся мыслителей. Сам великий Альберт Эйнштейн неоднократно обращался к вопросу: если аксиомы математики и принципы логики являются абстрактными умозрительными конструкциями, то почему вытекающие из них следствия так хорошо согласуются с реальной практикой?

Эти рассуждения так или иначе сводились к простому вопросу с поистине бездонным философским содержанием: почему математика сверхуниверсальна и вообще действует в нашем Мире?

Сначала считалось, что математики осознанно или, наоборот, неосознанно подбирают свои аксиомы именно таким образом, что выводимые из них следствия согласовываются с опытом. Профессор Клайн, в частности, считает, что первым эту идею высказал еще энциклопедист и просветитель Дени Дидро в своем труде «Мысли об интерпретации природы». Великий мыслитель сравнивал математика с игроком. И тот и другой играют, придерживаясь ими же придуманных абстрактных правил. И тот и другой сосредотачивают свои помыслы на исследовании некоего условного предмета, рожденного принятыми соглашениями и не имеющего основы в реальности. По мнению Клайна, именно таким образом действуют и создатели современных математических моделей. Их алгоритм внешне прост: берется одна из возможных моделей и сверяется с опытом. Если модель оказывается неадекватной, то ее переделывают, внося необходимые изменения. Тем не менее сама по себе возможность вывести из одной модели десятки, если не сотни, различных теорем, хорошо согласующихся с опытом и полностью применимых в окружающей нас физической реальности, сильно озадачивает уже многие поколения ученых. Наверное, где-то

здесь лежат идеологические основы современнейших теорий Мультиверса — Вселенной, включающей в себя бесчисленное множество миров, в которых возможно абсолютно все.

Разумеется, существуют и совершенно иные объяснения непостижимой эффективности действия математического

-12-

аппарата. Чаще всего при этом упоминают великого немецкого философа Канта, который утверждал, что мы не знаем и не можем знать природу. Человек, согласно Канту, настолько ограничен чувственными восприятиями, что его разум изначально наделен некими врожденными структурами, диктующими всем нам интуитивные суждения о пространстве и времени. Именно поэтому наш разум требует, чтобы окружающее пространство воспринималось в полном соответствии с законами евклидовой геометрии. Тут следует заметить, что немецкий мыслитель ничего не знал о неевклидовой геометрии, существование которой в реальном мире во многом опровергает его философские суждения. Иначе говоря, все окружающие нас явления мы видим сквозь призму врожденных математических представлений, поскольку *«всеобщие и необходимые законы опыта принадлежат не самой природе, а только разуму, который вкладывает их в природу»*(И. Кант. Критика чистого разума). Хотя многие выдающиеся мыслители первой половины прошлого века, например Эйнштейн и "Дрнольд Зоммерфельд, с усмешкой критиковали идею предписывания Природе ее законов как вопиющий пример человеческого высокомерия, идеи Канта получили дальнейшее развитие. Так, видный астроном и физик Артур Эддингтон считал, что мир человеческого опыта есть, по существу, творение нашего разума и что если бы мы только могли понять, как действует человеческое сознание, то нам неминуемо удалось бы вывести все естествознание, может быть лишь за исключением нескольких фундаментальных констант, зависящих от конкретной части пространственно-временного континуума, чисто теоретическими методами.

Между тем профессор Клайн так комментирует сложившуюся ситуацию: *«Наделенные немногими и весьма ограниченными по своим возможностям органами чувств и головным мозгом, люди начали проникать в окружающий их загадочный мир. Используя собственный чувственный опыт и данные, полученные из экспериментов, люди выработали некий набор аксиом, применив к ним мощь своего разума. Целью их поисков было выявление порядка, лежащего в основе Мироздания.*

-13-

Они стремились построить системы знания, которые

противостояли бы мимолетности ощущений и могли бы служить основой для создания неких схем, способных объяснить окружающий Мир и помочь овладеть им. И главным продуктом человеческого разума стала математика. Она отнюдь не безупречно ограненный и идеально отшлифованный драгоценный камень, и даже непрерывная "доводка" не в состоянии устранить всех ее изъянов. И все же именно математика воплощает в себе звено, наиболее эффективно связывающее реальный Мир с миром чувственных восприятий, и остается поныне драгоценнейшим сокровищем человеческого разума, которое надлежит всячески оберегать. На протяжении долгого времени математика находилась в авангарде человеческой мысли и, несомненно, сохранит передовые позиции, даже если более тщательные исследования выявят в ней какие-нибудь новые изъяны.

Математическая мысль без устали бьется о скалистый берег, препятствующий ее проникновению на новые территории. Но даже гранитные утесы не выдерживают ее могучего натиска, не ослабевающего на протяжении столетий, и рушатся, открывая перед математикой новые просторы».

Рис. 5. Артур Стенли Эддингтон (1882–1944)

«…Там, где наука ушла особенно далеко в своем развитии, разум лишь получил от природы то, что им было заложено в при-

роду. На берегах неизвестного мы обнаружили странный отпечаток. Чтобы объяснить его происхождение, мы выдвигали одну за другой остроумнейшие теории. Наконец нам все же удалось восстановить происхождение отпечатка. Увы! Оказалось, что это наш собственный след…»

А. С. Эддингтон. Философия физики

Итак, окрыленные мнением выдающихся научных авторитетов о магической силе науки, давайте будем собирать нашу математическую головоломку, начиная с первого набора пазлов — тайн одного из последних ученых-универсалов…

«Трудно отделаться от ощущения, что эти математические формулы существуют независимо от нас и обладают своим собственным разумом, что они умнее нас, умнее тех, кто открыл их, и что мы извлекаем из них больше, чем было в них первоначально заложено…»

Генрих Герц

«Эти понятия анализа существуют самостоятельно вне нас, образуя единое целое, лишь часть которого беспрепятственно, хотя и несколько загадочно, открывается нам; это целое ассоциируется с другой совокупностью объектов, которые мы воспринимаем органами чувств».

Шарль Эрмит

«Мы не должны выносить то или иное математическое утверждение за рамки математической языковой практики и в свою очередь рассматриваем последнюю как неотъемлемую часть нашего общего языка. Математика как его функциональная часть служит для того, чтобы многое сообщать об объектах окружающего мира. Именно здесь лежит ключ к ответу на вопрос о конвенционализме. Принимаемые нами соглашения должны как-то "работать", то есть помогать нам каким-то образом следовать природе, "подражать" ей. Можно было бы, например, принять решение изменить наши математические соглашения, исключив, скажем, понятие иррационального числа. Но оно необходимо в наших взаимоотношениях с природой, а именно природа в конечном счете служит мерилом нужности принимаемых нами соглашений, как математических, так и всех прочих».

Уильям Барретт. Иллюзия техники

Рис. 6. Жюль Анри Пуанкаре (1854–1912)

> «Можно ли утверждать, что некоторые явления, возможные в евклидовом пространстве, были невозможны в неевклидовом, так как опыт, констатируя эти явления, прямо противоречил бы гипотезе о неевклидовом пространстве?
>
> По моему мнению, подобный вопрос не может возникнуть…»
>
> *А. Пуанкаре. Принципы естествознания*

От личности выдающегося французского ученого конца XIX — начала XX века Анри Пуанкаре так и веет таинственностью. Раньше все разговоры среди историков науки так или иначе вращались вокруг его неоднозначного вклада в создание теории относительности. Дело в том, что хотя отцом специальной теории относительности, не говоря уже об общей теории относительности, почти во всех учебниках называется исключительно Альберт Эйнштейн, у него был целый ряд предшественников. Это прежде всего Гендрик Антон Лоренц (1853–1928), Джордж Френсис Фицджеральд (1851–1901) и Джозеф Лармор (1857–1942). Однако возглавляет этот ряд разработчиков физического релятивизма, безусловно, сам Пуанкаре.

О настоящей драме идей, сопутствующей созданию этой величайшей теории в истории науки, читатели могут подроб-

но узнать в научно-популярной книге О. Фейгина «Теория относительности для всех». Мы же сосредоточим внимание на других сторонах творчества французского ученого, посвященного основаниям математической науки, ну и, конечно же, его знаменитой проблеме Пуанкаре (которую также называют гипотезой, теоремой и задачей), решить которую спустя столетие удалось российскому математику Григорию Яковлевичу Перельману.

Чтобы вникнуть в философскую подоплеку математических проблем, которыми занимался Пуанкаре, прислушаемся к комментариям его современного коллеги Морриса Клайна, также

во многом исповедующего конвенционализм. Так, профессор Клайн считает, что роль математики в современной физике несравненно шире, чем просто удобного инструмента исследования. Под этой ролью часто понимают обобщение и систематизацию (в символах и формулах) явлений, наблюдаемых и устанавливаемых с помощью физического эксперимента, и последующее извлечение из формул дополнительной информации, не обнаруживаемой ни наблюдением, ни экспериментом и не вытекающей из непосредственно полученных данных. Однако такое толкование роли математики далеко не исчерпывает всех ее достижений. Математика составляет сущность естественнонаучных теорий, и ее приложения в XIX и XX веках на основе чисто математических конструкций представляются нам еще более удивительными, чем все ее прежние успехи, достигнутые в эпоху, когда математики оперировали понятиями, навеянными непосредственно физическими явлениями. Тем не менее было бы неверно приписывать одной лишь математике такие достижения современной науки, как радиоэлектроника, аэрокосмическая индустрии, ядерная энергетика, да и, по сути, вся инженерно-техническая физика. Вклад математики более фундаментален и существенен, чем вклад экспериментальной науки.

Вообще, в своих рассуждениях Моррис Клайн настойчиво выдвигает тезис, что независимо от того, насколько приемлемы объяснения эффективности математики, есть основания утверждать, что новая физика — это наука не столько

механическая, сколько математическая. Здесь профессор Клайн приводит наглядный пример: хотя Максвелл при создании теории электромагнитного поля пытался изобрести механическую модель эфира, в своем окончательном виде его теория была, в сущности, математической; «физическая реальность», которую описывают уравнения Максвелла, представляют собой смутное, «бесплотное» понятие электромагнитного поля. Даже Ньютон построил свои законы движения как чисто математическую структуру.

Возможно ли, что знанием математических соотношений и структур исчерпывается фундаментальное содержание физической науки? Тогда надо считать, что математическое описание Вселенной и есть окончательная реальность!

Между тем любые модельные представления, используемые для большей наглядности, так или иначе будут представлять собой отступление от физической реальности окружающего Мира. Получается, что за пределы математических формул мы каждый

раз выходим на свой страх и риск!

Гл. 1 Великий метафизик

«Самый важный факт состоит в том, что все рисуемые наукой картины природы, которые только могут находиться в согласии с данными наблюдений, — картины математические… Природа, по-видимому, очень "хорошо осведомлена" о правилах чистой математики… Во всяком случае, вряд ли можно усомниться в том, что природа и наши сознательные математические умы действуют по одним и тем же законам».

Джеймс Джине. Загадочная Вселенная

Рис. 7. Пуанкаре в молодости

«Опыт играет необходимую роль в происхождении

геометрии; но было бы ошибкой заключить, что геометрия — хотя бы отчасти — является экспериментальной наукой.

Если бы она была экспериментальной наукой, она имела бы только временное, приближенное — и весьма грубо приближенное — значение. Она была бы только наукой о движении твердых тел. Но на самом деле она не занимается

-21-

реальными твердыми телами; она имеет своим предметом некие идеальные тела, абсолютно неизменные, которые являются только упрощенным и очень отдаленным отображением реальных тел.

Понятие об этих идеальных телах целиком извлечено нами из недр нашего духа, и опыт представляет только повод, побуждающий нас его использовать…»

А. Пуанкаре. Наука и метод

Один из величайших математиков-универсалов, человек, про которого ходили легенды о том, что он способен охватить мысленным взглядом все новейшие результаты на всем безбрежном поле научных знаний, родился 29 апреля 1854 года во французской провинции Лотарингия, в местечке Сите-Дюкаль. Его отец, Леон Пуанкаре (4828–1892), занимал почетную должность профессора медицины в Университете Нанси. Мать Анри, Эжени Лануа, была довольно образованной для своего времени женщиной, писала стихи, знала музыкальную грамоту и несколько европейских языков. Все свободное время она посвящала воспитанию детей — сына Анри и дочери Алины. Дружная семья Пуанкаре гордилась своими родственниками-кузенами: видным политиком Раймондом Пуанкаре, президентом Франции в 1913–1920 годах, и Люсьеном Пуанкаре, ректором Парижского университета.

Как и многие другие одаренные личности, Анри рос необычным ребенком, очень рассеянным и несколько небрежным, с трудом переключал внимание с одного учебного предмета на другой; были у него и определенные трудности с графическим закреплением своих знаний. В раннем детстве Анри тяжело переболел дифтерией, которая при уровне медицины того времени была смертельно опасной болезнью. Несколько месяцев

Анри находился между жизнью и смертью, без сознания, с параличом конечностей. Даже после того как болезнь отступила, он еще долго не мог ходить и говорить, причем у него неожиданно феноменально развилось очень редкое слуховое образное мышление, когда Анри воспринимал окружающие звуки в цветовой гамме. Все эти удивитель-

ные черты характера и мышления сохранились у Пуанкаре до самого конца жизни. Многие биографы ученого считают, что именно в отрочестве у него сформировалось необычное восприятие окружающей действительности, проявившееся в будущем как своеобразная творческая манера Пуанкаре-философа и исследователя.

Неплохая домашняя подготовка и занятия с репетиторами позволили Анри уже в восьмилетнем возрасте выдержать приемные экзамены за второй курс местного лицея. В памяти преподавателей он остался как прилежный, любознательный, но несколько рассеянный лицеист. Никто в то время не отмечал его интереса к математическим и естественнонаучным дисциплинам, и при распределении по специальностям юный лицеист записался на отделение словесности. После выпускных экзаменов в августе 1871 года Пуанкаре получил степень бакалавра словесности с оценкой «хорошо». Следующей ученой степенью для выпускников лицея был бакалавр наук, и через некоторое время Анри рискнул держать на него экзамен, который ему удалось сдать лишь с оценкой «удовлетворительно», в том числе потому, что он «срезался» на письменной работе по математике по причине банальной рассеянности.

В последующие годы юный Пуанкаре начинает все больше внимания уделять математическим дисциплинам и после двух лет упорной подготовки блестяще сдает вступительные экзамены в Парижскую высшую нормальную школу. После окончания второго курса лучшие студенты могли претендовать на конкурсный переход в Парижскую горную школу, считавшуюся в то время наиболее авторитетным специальным высшим учебным заведением. Второкурсник Пуанкаре уверенно проходит конкурсный отбор и уже через несколько лет защищает докторскую диссертацию. Председатель аттестационной комиссии, видный математик, академик Гастон Дарбу, с восхищением писал в отзыве на диссертационную работу: *«С первого же взгляда мне стало ясно, что работа выходит за рамки обычного и с избытком заслуживает того, чтобы ее приняли. Она содержала вполне достаточно результатов, чтобы обеспечить материалом много хороших диссертаций».*

После присвоения докторской степени Пуанкаре направился на свое первое место академической работы в должности адъюнкт-профессора. Педагогическую и научную деятельность молодой ученый начал в Высшей технической школе небольшого нормандского городка Кане. Здесь он и создал первые научные работы, сразу же привлекшие внимание научной общественности Франции. Эти достаточно оригинальные математические исследования были посвящены введенному Пуанкаре понятию автоморфных функций. Вскоре статьи Пуанкаре начали обсуждаться и европейскими математиками.

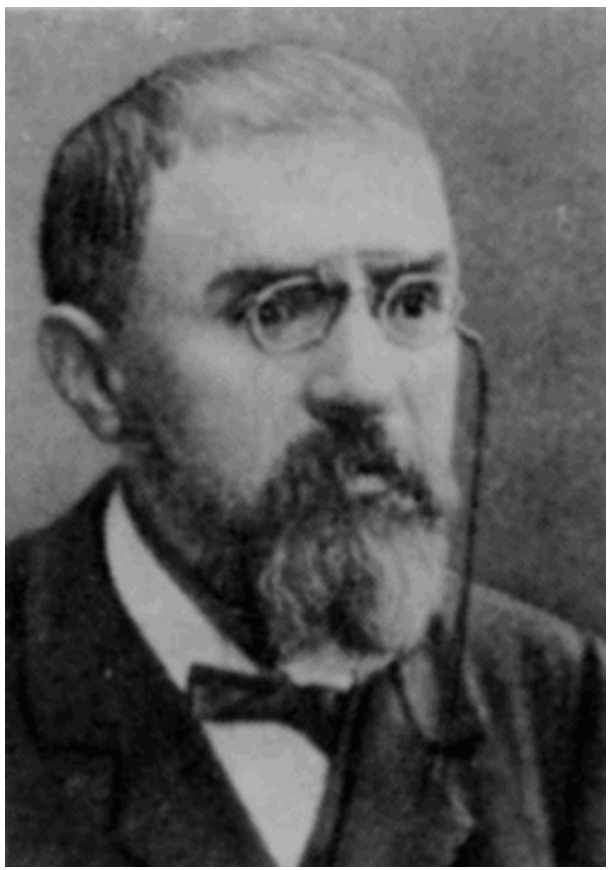


Рис. 8. Пуанкаре — профессор университета

В октябре 1881 года Пуанкаре получил лестное предложение занять должность ординарного профессора в Парижском университете. Параллельно он отстоял право вести обширную преподавательскую работу и в других столичных высших учебных заведениях. В частности, Пуанкаре долгое время успешно

преподавал авторский курс математического анализа в Высшей политехнической школе.

Осенью 1886 года Анри Пуанкаре возглавил кафедру математической физики и теории вероятностей Парижского университета, а в январе 1887-го был избран членом французской Академии наук. В Париже он написал свои фундаментальные

-24-

работы по дифференциальным уравнениям, небесной механике, топологии, а также доказал, что знаменитая «задача трех тел» не имеет законченного математического решения. Вершиной научно-педагогической деятельности ученого стал десятитомный фундаментальный «Курс математической физики», вышедший в 1889 году и сразу же ставший основным пособием для студентов-математиков, получив восторженные отзывы. Творческие успехи Пуанкаре были достойно оценены у него на родине, и в 1906 году он был избран президентом французской Академии наук.

Пуанкаре скончался 17 июля 1912 года в Париже после неудачной операции и был похоронен в семейном склепе на столичном кладбище Монпарнас.

Вероятно, Пуанкаре предчувствовал свою неожиданную смерть, так как в последней статье описал нерешенную им задачу («последнюю теорему Пуанкаре»), чего никогда раньше не делал. Спустя несколько месяцев эта теорема была доказана Джорджем Биркгофом. Позже при содействии Биркгофа во Франции был создан Институт теоретической физики имени Пуанкаре.

Рис. 9. Ученый в кругу семьи

Все современники отзывались о выдающемся французском ученом как о человеке чести, благородном и корректном в любых, даже самых горячих научных полемиках. Пуанкаре никогда

-25-

не участвовал в спорных с моральной точки зрения дискуссиях, которые могли даже косвенно оскорбить других ученых. Он неоднократно добровольно уступал научный приоритет, даже если имел серьезные права на него. Например, он первым выписал в современном виде преобразования Лоренца (наряду с Лармором), однако сам же и назвал их именем Лоренца, который ранее дал их неполное приближение.

Во времена Пуанкаре набирала силу третья волна позитивизма, в рамках которой, в частности, математика провозглашалась частью логики. Этой идеи, к слову, придерживался знаменитый философ и математик Бертран

Рассел. Другая группа неопозитивистов во главе с выдающимся математиком Гильбертом вообще считала, что математическая наука представляет собой всего лишь малосодержательный набор аксиоматических теорий. Пуанкаре был категорически против такого рода формалистических взглядов. Он считал, что в основе деятельности математики лежит интуиция, а сама наука не допускает полного аналитического обоснования.

Рис. 10. Память о выдающемся ученом

> «Опыт направляет нас при этом выборе среди всех возможных групп перемещений к той, которая служила бы эталоном

-26-

> для соотнесения с ней реальных явлений, но не делает его для нас обязательным; он показывает нам не то, какая геометрия наиболее правильна, а то, какая наиболее удобна…
>
> Поскольку невозможно указать конкретный опыт, который мог бы быть истолкован в евклидовой системе и не мог бы быть истолкован в системе Лобачевского, то я могу заключить: никогда никакой опыт не окажется в противоречии с постулатом Лобачевского».

Анри Пуанкаре. Наука и гипотеза

Творческие методы Пуанкаре отличались оригинальностью и эффективностью. Так, он всегда сначала полностью решал задачи в голове, а затем записывал решения. В этом ученому помогали феноменальная память, научная интуиция и воображение. Известно, что Пуанкаре мог слово в слово цитировать все прочитанное и услышанное им на протяжении жизни. Кроме того, он избегал долговременных размышлений над одной и той же темой, считая, что подсознание уже получило условие задачи и будет успешно над ней трудиться до окончательного решения.

Развивая конвенционализм, Пуанкаре доказывал, что основные положения, принципы и законы любой научной теории не являются ни искусственными синтетическими истинами, изначально содержащимися в ней, как считал в свое время Кант, ни законченными моделями объективной реальности механических материалистов. По его мнению, содержание науки представляет собой некие соглашения, которые негласно

поддерживаются работающими в данной области исследователями и единственным абсолютным условием для которых является их внутренняя непротиворечивость. При этом Пуанкаре считал, что выбор тех или иных положений из множества возможных произволен, если отвлечься от практики их применения. Поскольку мы руководствуемся последней практикой применения, произвольность выбора основных принципов ограничена, с одной стороны, потребностью нашей мысли в максимальной простоте теорий, с другой — необходимостью успешного их использования.

-27-

В границах этих требований заключена известная свобода выбора, обусловленная относительным характером самих этих требований. Эта философская доктрина и получила впоследствии название конвенционализма.

Комментируя философскую позицию великого французского ученого, профессор Клайн отмечает, что Пуанкаре был абсолютно уверен в существовании бесконечного множества теорий, которые в состоянии адекватно объяснить и описать любую область опыта. Выбор теории произволен, хотя обычно более простой теории отдают предпочтение. Несмотря на то что ученые в основном генерируют и используют идеи, адекватные окружающей физической реальности, другие теории, если приложить к ним достаточно усилий, также могут оказаться вполне действенными. Хотя Пуанкаре более точно объяснял, каким образом математика достигает согласия с реальностью, он в известной мере соглашался и с объяснением Канта, а именно: считал, что соответствие между математикой и природой обусловлено человеческим разумом.

Конвенционализм… Этому несколько необычному философскому течению, созданному гением Пуанкаре, предстоит еще сыграть роль связующего звена в нашем повествовании. Очень многие поступки философов напрямую связаны с проповедуемыми ими учениями, особенно если они являются и авторами данной доктрины. Вспомним хотя бы Диогена с его бочкой…

Что же касается декларируемого Пуанкаре подхода, хотя топологические и тем более геометрические представления могут вполне успешно применяться для решения самых различных прикладных физико-технических задач, «искусственный характер» такого применения, основанный на аналогичности нетождественных объектов, вовсе не доказывает произвольного характера самих теоретических построений.

Вообще, у метафизической доктрины французского

мыслителя до сих пор есть группа ученых-поклонников. Кроме того, некоторые элементы конвенционализма вошли в известные философские течения прошлого века, например позитивизм, прагматизм, операционализм и инструментализм.

-28-

Конечно, при этом не надо забывать, что точка зрения конвенционализма типична для субъективного идеализма, поскольку отрицает объективное содержание в знаниях ученого, умозрительно исследующего окружающий Мир.

Рис. 11. Институт теоретической физики имени Пуанкаре

> «Но та гармония, которую человеческий разум полагает открыть в природе, существует ли она вне человеческого разума? Без сомнения — нет; невозможна реальность, которая была бы полностью независима от ума, постигающего ее. Такой внешний мир, если бы даже он и существовал, никогда не был бы нам доступен. Но то, что обще нескольким мыслящим существам, могло бы быть общо всем. Этой общей стороной, как мы увидим, может быть только гармония, выражаемая математическими законами».
>
> *Анри Пуанкаре. Ценность науки*

-29-

Гл. 2 Первый релятивист

«…В мир с сокрушительной силой ворвалась теория относительности… Мне кажется, что ни до, ни после ни одна научная мысль, которой удавалось завладеть умами широких слоев публики, не производила равного по силе эффекта».

Поль Дирак

«Без Лоренца и Пуанкаре Эйнштейн не смог бы достичь успеха».

Луи де Бройль

«Специальная теория относительности в конечном счете была открытием не одного человека. Работа Эйнштейна была тем последним решающим элементом в фундаменте, заложенном Лоренцем, Пуанкаре и другими, на котором могло держаться здание, воздвигнутое затем Минковским».

Макс Борн

Рис. 12. На первом Сольвеевском конгрессе 1911 года

Пуанкаре, крайний справа в нижнем ряду, беседует с Марией Кюри, за ним, второй справа, стоит Эйнштейн.

-30-

Встреча и беседа двух гениев произошла лишь однажды — в 1911 году на первом Сольвеевском конгрессе. Главный вывод из доклада Пуанкаре звучал так:

«На основе всех этих результатов должна появиться новая динамика, которая помимо всего прочего характеризовалась бы правилом, что ничто не может иметь скорость, превышающую скорость света».

На что впоследствии Эйнштейн с сожалением заметил:

«Пуанкаре по отношению к релятивистской теории отвергал все полностью и, как мне показалось, при всей своей умственной проницательности показал слабое понимание ситуации».

Есть в истории науки дискуссионные вопросы, которые со временем, по мере открытия новых обстоятельств, становятся только запутаннее. Один из таких вопросов касается доли участия Пуанкаре в создании основ теории относительности. До сих пор научное сообщество разделено на три группы ученых. Две из них, сравнительно небольшие, ожесточенно спорят между собой: первые отстаивают определяющую, другие — крайне незначительную роль Пуанкаре. В третьей группе, гораздо большей по численности, бытует более взвешенное мнение. Его лучше всего выразил крупнейший исследователь истории становления релятивизма Алексей Алексеевич Тяпкин (1926–

2003) в своей книге «Об истории возникновения теории относительности»:

«Созданная в первые годы нашего века теория положила начало радикальному преобразованию ранее сложившихся физических представлений, легла в основу современной физики. Но, несмотря на столь значительное место этой теории во всей системе современных научных знаний, в традиционном изложении истории ее создания на долгие годы утвердился односторонний подход с несвойственными для точной науки весьма существенными пробелами. В сложившейся историографии оказался особенно недооценен период, непосредственно предшествующий созданию, когда в поисках решения возникших противоречий были выдвинуты исходные положения новой физической теории».

-31-

А в послесловии к сборнику «Принцип относительности» профессор Тяпкин резюмировал:

«Итак, кого же из ученых мы должны считать создателями СТО?.. Конечно, открытые до Эйнштейна преобразования Лоренца включают в себя все содержание СТО. Но вклад Эйнштейна в их объяснение, в построение целостной физической теории и в интерпретацию основных следствий этой теории настолько существенен и принципиален, что Эйнштейн с полным правом считается создателем СТО. Однако высокая оценка работы Эйнштейна не дает никакого основания считать его единственным создателем СТО и пренебрегать вкладом других ученых».

Как предтеча понятия релятивизма в физической науке Пуанкаре заложил первые краеугольные камни в будущее здание теории относительности, деятельно развивая теорию Лоренца. В этой теории принималось, что существует неподвижный эфир и скорость света относительно эфира не зависит от скорости источника. При переходе к движущейся системе отсчета выполняются именно преобразования Лоренца, а не классические преобразования, предложенные в свое время еще Галилео Галилеем. Надо отметить, что Лоренц считал полученные преобразования вполне реальными и даже искал физические механизмы, которые могли бы лежать в основе изменения линейных размеров тел. Пуанкаре удалось не только найти уточненную форму преобразований Лоренца, который получил их только в первом приближении, но и математически строго показать, что они образуют группу преобразований.

Факт остается фактом, и следует признать, что еще в 1898 году, задолго до знаменитой работы Эйнштейна 1905 года, Пуанкаре в своем труде «Измерение времени» сформулировал

общий и универсальный принципы относительности. В интерпретации ученого они выглядели как фундаментальный физический принцип, согласно которому абсолютно все физические процессы в инерциальных системах отсчета протекают одинаково, независимо от того, неподвижна ли система или она находится в состоянии равномерного и прямолинейного движения. Отсюда Пуанкаре сделал вывод, что все известные законы природы одинаковы во всех инерциальных системах

-32-

отсчета. Затем он даже ввел революционное понятие четырехмерного пространства-времени, теорию которого гораздо позднее разработали Альберт Эйнштейн и Герман Минковский.

В книге «Об истории возникновения "теории относительности"» профессор Тяпкин пишет:

«…В 1898 г. Пуанкаре в статье "Измерение времени", обсуждая проблему определения количественных характеристик физического времени, пришел к важным выводам о конвенциональной сущности понятия одновременности, представляющим не только исторический интерес, но и позволяющим уяснить ограниченность существующей трактовки пространственно-временного аспекта специальной относительности. Пуанкаре отметил, что постулат постоянства скорости света "дал нам новое правило для поиска одновременности". Но в отношении используемого при этом предположения о независимости скорости света от направления распространения автор сделал следующее категорическое утверждение: "Это есть постулат, без которого нельзя было бы предпринять никакого измерения этой скорости. Данный постулат никогда нельзя проверить прямо на опыте"».

Рис. 13. Математик, философ, физик

«Пуанкаре занимал по отношению к физическим теориям несколько скептическую позицию, считая, что вообще

-33-

существует бесконечно много логически эквивалентных точек зрения и картин действительности, из которых ученый, руководствуясь исключительно соображениями удобства, выбирает какую-то одну. Вероятно, такой номинализм иной раз мешал ему признать тот факт, что среди логически возможных

теорий есть такие, которые ближе к физической реальности, во всяком случае, лучше согласуются с интуицией физика и тем самым больше могут помочь ему… Философская склонность его ума к "номиналистическому удобству" помешала Пуанкаре понять значение идеи относительности во всей ее грандиозности».

Луи де Бройль, первый лауреат медали имени Пуанкаре (1929 год). По тропам науки

Эти весьма глубокие соображения дали ему полное основание закончить статью следующим категорическим выводом:

«Одновременность двух событий или порядок их следования, равенство двух длительностей должны определяться таким образом, чтобы формулировка естественных законов была бы настолько простой, насколько это возможно. Другими словами, все эти правила, все эти определения являются лишь плодом неосознанного соглашения».

Надо также честно признать, что наряду с передовыми идеями, намного опередившими свое время, Пуанкаре продолжал использовать устаревшую концепцию эфира, хотя и придерживался мнения, что его никогда не удастся обнаружить. В 1900 году он одним из первых высказал замечательную мысль, что одновременность событий не абсолютна, а представляет собой некое условное соглашение между физиками — своеобразную «конвенцию». Наряду с этим Пуанкаре также сделал предположение, что скорость света не только конечна и неизменяема в однородной среде, но и предельна по своему значению.

Все эти работы оказали очень большое, если не сказать определяющее влияние на Лоренца, который в 1904 году разработал новый вариант своей теории. В ней он предположил, что при больших скоростях механика Ньютона нуждается

в релятивистских поправках. В 1905 году Пуанкаре значительно развил эти идеи в статье «О динамике электрона». Две части этой удивительной работы появились летом 1905 года, а заключительная статья, содержащая все основополагающие выводы, — в начале 1906-го, причем по непонятным причинам ученый опубликовал ее в малоизвестном итальянском математическом журнале.

В этой итоговой статье снова и снова подчеркивалась важность применения всеобщего принципа относительности для всех физических явлений, включая механические (их

рассматривал еще Галилей), электромагнитные и гравитационные. При этом Пуанкаре выписал единственно возможные преобразования координат, сохраняющие одинаковую для всех систем отсчета запись физических уравнений. Именно в этой форме они впоследствии и получили название «преобразования Лоренца». Кроме того, Пуанкаре нашел точное выражение для четырехмерного интервала как инварианта преобразований Лоренца, включая четырехмерную формулировку принципа наименьшего действия. В этой статье он также предложил первый набросок релятивистской теории гравитации; в его модели тяготение распространялось в эфире со скоростью света, а сама теория была достаточно нетривиальной, чтобы снять полученное еще Лапласом ограничение снизу на скорость распространения гравитационного поля.

Эйнштейн в своих первых работах по теории относительности использовал, по существу, ту же математическую модель, включающую преобразования Пуанкаре — Лоренца и релятивистскую форму для сложения скоростей. Однако в отличие от старших коллег Эйнштейн сделал значительный шаг вперед и решил не привлекать понятие эфира только для того, чтобы доказать невозможность его наблюдения. Он полностью упразднил в своих последующих работах как понятие эфира, так и опирающиеся на него понятия абсолютного движения и абсолютного времени, которые продолжал настойчиво использовать Пуанкаре. Сейчас эта теория носит имя «специальная теория относительности» (СТО) и именно ее наши дети и внуки изучают в средней школе.

-35-

Все новые эффекты, которые Лоренц и Пуанкаре считали динамическими свойствами эфира, в теории относительности Эйнштейна вытекают из объективных свойств пространства и времени, то есть фактически перенесены Эйнштейном из динамики в кинематику. В этом главное отличие подходов Пуанкаре и Эйнштейна, замаскированное внешним сходством их математических моделей: они по-разному понимали глубокую физическую (а не только математическую) сущность этих моделей. Перенос в кинематику позволил Эйнштейну создать целостную и всеобщую теорию пространства и времени, а также решить в ее рамках ранее не поддававшиеся проблемы, например вопросы о разных видах масс — гравитационной и инерционной, зависимости массы от энергии, соотношении местного и «абсолютного» времени и др. Еще одно существенное отличие позиций Пуанкаре и Эйнштейна заключалось в том, что сокращение длины по Лоренцу, рост инертности со скоростью и

другие релятивистские выводы Пуанкаре вместе с Лоренцем понимал как вполне реальные физические эффекты, а Эйнштейн — как кажущиеся нам в своей относительности и не имеющие абсолютно никаких физических проявлений в собственной системе отсчета.

Вероятно, недостаточно глубокий анализ физической сущности СТО в работах Пуанкаре и послужил причиной того, что физики не обратили на эти работы должного внимания. Соответственно, широкий резонанс первой же статьи Эйнштейна в огромной степени был вызван ясным и глубоким анализом основ исследуемой физической картины.

Обоснование новой механики также было различным. У Эйнштейна в статьях 1905 года принцип относительности с самого начала не утверждается как вывод из динамических соображений и экспериментов, а кладется в основу физики как кинематическая аксиома (также для всех явлений без исключения). Из этой аксиомы, а также из постоянства скорости света математический аппарат Лоренца — Пуанкаре получается автоматически. Отказ от эфира позволил свободнее подчеркнуть, что покоящаяся и движущаяся системы коор-

динат совершенно равноправны и при переходе к движущейся системе те же эффекты обнаруживаются уже в покоящейся. Биограф Эйнштейна Пайс утверждает, что и у Пуанкаре, причем даже раньше, этот вопрос был разобран достаточно подробно, однако сама концепция эфира, от которой Пуанкаре не отказывался, невольно вызывала у читателя представление о выделенности системы отсчета, в которой эфир покоится, мешая воспринимать идею относительности в чистом виде. В дальнейшем (после работы Эйнштейна) Пуанкаре тоже высказал это положение.

Эйнштейн, по его позднейшему признанию, в момент начала работы над теорией относительности не был знаком с последними публикациями Пуанкаре. Более того, ни Эйнштейн, ни авторы других первых работ по теории относительности не ссылались на работы Пуанкаре. Профессор А. А. Тяпкин замечает по этому поводу:

«Столь невнимательное отношение к периоду формирования исходных принципов фундаментальной теории нельзя объяснить потерей интереса ученых к историческим деталям возникновения новых научных концепций. В тот же период в физике формировались также исходные положения другой новой, еще более радикальной физической теории — квантовой механики. Но в описании истории создания этой теории начальный период

развития исходных идей всегда высоко оценивался как важнейший этап отхода от господствующих тогда принципов классической механики…

Необычность выводов новой теории по самым, казалось бы, простым вопросам неизменно вызывала огромный интерес и за пределами научных кругов. Пожалуй, в широкой известности этой теории, в ее популярности, организованной, в основном, далекими от науки литераторами, и заключена одна из причин историографических отступлений от точного и объективного описания истории крупнейшего научного открытия XX века. Искажения истории состояли не только в полном забвении решающего вклада выдающегося французского ученого Анри Пуанкаре в начальный период формирования

-37-

исходных идей новой теории, но и в недооценке его фундаментальных работ 1905–1906 гг. по созданию самой теории».

После появления в 1905 году первых работ Эйнштейна по теории относительности Пуанкаре неожиданно полностью перестал публиковаться на эту тему. Ни в одной работе последних семи лет жизни он не упоминал ни имени Эйнштейна, ни теории относительности как таковой. Он также ни при каких обстоятельствах не называл теорию эйнштейновской, хотя в то же время писал по другому поводу об «эйнштейновской теории фотоэффекта». Более того, Пуанкаре по-прежнему продолжал обсуждать свойства эфира и упоминал абсолютное движение относительно эфира.

Рис. 14. Альберт Эйнштейн и Хендрик Лоренц

Несмотря на неприятие теории относительности, лично к Эйнштейну Пуанкаре относился вполне нейтрально, если не сказать доброжелательно. Например, он даже дал молодо-

-38-

му ученому положительную характеристику для соискания места профессора цюрихского Высшего политехнического училища:

> «Г-н Эйнштейн — один из самых оригинальных умов, которые я знал; несмотря на свою молодость, он уже занял весьма почетное место среди виднейших ученых своего времени. Больше всего восхищает в нем легкость, с которой он приспосабливается к новым концепциям и умеет извлечь из них все следствия. Он не

держится за классические принципы и, когда перед ним физическая проблема, готов рассмотреть любые возможности. Благодаря этому его ум предвидит новые явления, которые со временем могут быть экспериментально проверены. Я не хочу сказать, что все эти предвидения выдержат опытную проверку в тот день, когда это станет возможно; наоборот, поскольку он ищет во всех направлениях, следует ожидать, что большинство путей, на которые он вступает, окажутся тупиками; но в то же время надо надеяться, что одно из указанных им направлений окажется правильным, и этого достаточно. Именно так и надо поступать. Роль математической физики — правильно ставить вопросы; решить их может только опыт.

Будущее покажет более определенно, каково значение г-на Эйнштейна, а университет, который сумеет привязать к себе молодого мэтра, извлечет из этого много почестей»

(А. Пуанкаре. Избранные произведения).

В апреле 1909 года Пуанкаре по приглашению Гильберта приехал в Германию и прочитал там ряд лекций, в том числе и о принципе относительности. Пуанкаре ни разу не упомянул в этих лекциях не только Эйнштейна, но и своего коллегу — математика Минковского. О причинах «молчания Пуанкаре» высказывалось множество гипотез. Некоторые историки науки предположили, что всему виной обида Пуанкаре на немецкую школу физиков, которая недооценивала его заслуги в создании релятивистской теории. Другие считают это объяснение неправдоподобным, так как Пуанкаре никогда не был замечен в обидах по поводу приоритетных споров, а теорию Эйнштейна

предпочли не только в Германии, но и в Великобритании и даже самой Франции. Выдвигалась и такая гипотеза: эксперименты Кауфмана, проведенные в эти годы, поставили под сомнение принцип относительности и формулу зависимости инертности от скорости, так что не исключено, что Пуанкаре решил просто подождать с выводами до прояснения этих вопросов.

В 1897 году немецкий физик Вальтер Кауфман одновременно с английским коллегой Дж. — Дж. Томсоном измерил отношение заряда к массе для катодных лучей. Результаты у обоих экспериментаторов были похожи, однако Кауфман, в отличие от Томсона, был осторожен в своих выводах, и слава

первооткрывателя электрона досталась Томсону.

Еще до создания специальной теории относительности Кауфман в 1901–1903 годах провел серию экспериментов, впервые установивших зависимость отношения заряда к массе для электрона от его скорости (впрочем, теоретически этот факт был ранее предсказан Хевисайдом и Дж. — Дж. Томсоном). В то время данный эффект трактовали как наличие у электрона, кроме (или вместо) обычной, еще и особой «электромагнитной» массы. В конце 1905 года, уже после эйнштейновской публикации СТО, Кауфман провел новые измерения, несколько повысив их точность по сравнению с предыдущими. Опубликованные результаты этих экспериментов не подтверждали формулу Лоренца, вошедшую и в теорию относительности, и тем самым ставили под сомнение выполнение принципа относительности для электродинамики. Сам Кауфман к теории относительности с самого начала отнесся с недоверием и объявил, что его опыты свидетельствуют в пользу не эйнштейновской, а альтернативной теории Макса Абрагама. Однако несколько позднее независимые измерения показали, что принцип относительности в электродинамике тоже выполняется, и теория Абрагама была отвергнута. Вопрос о том, была ли точность упомянутых опытов достаточной для такого вывода уже в те годы, является спорным.

-40-

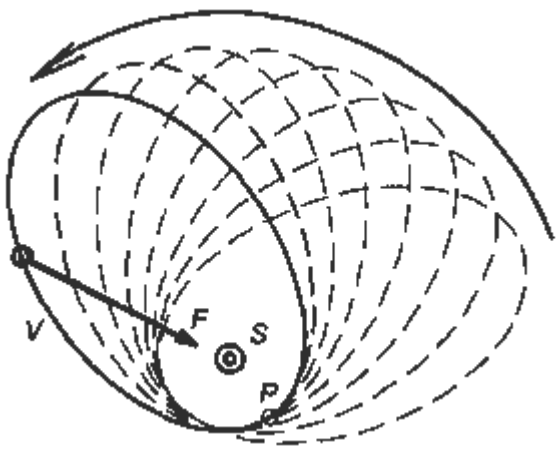


Рис. 15. Смещение перигелия Меркурия: *V*— орбитальная скорость, *F* —сила притяжения, *S* —Солнце, *P*— точка перигелия (ближайшего расстояния до Солнца) Меркурия

В своих немецких лекциях Пуанкаре сделал важное

предсказание: релятивистские поправки к теории тяготения должны объяснить вековое смещение перигелия Меркурия. Это предсказание сбылось в 1915 году, когда Эйнштейн закончил разработку общей теории относительности.

Более понятной позиция Пуанкаре становится после лекции «Пространство и время», с которой он выступил в мае 1912 года в Лондонском университете. В ней ученый считает первичными в перестройке физики новые законы механики и принцип относительности. Свойства пространства и времени, по мнению Пуанкаре, должны выводиться из этих законов и принципа или устанавливаться конвенционально. Эйнштейн же поступил наоборот: он вывел динамику из новых свойств пространства и времени. Пуанкаре по-прежнему считает переход физиков на новую математическую формулировку принципа относительности (преобразования Лоренца вместо преобразований Галилея) делом соглашения:

«Это не значит, что физики были вынуждены это сделать; они считают новое соглашение более удобным, вот и все; и те, кто не придерживается такого рода мысли, могут вполне законно сохранять старый, чтобы не нарушать своих привычек. Между нами говоря, я думаю, что они еще долго будут это делать».

-41-

Из этих слов можно понять, почему Пуанкаре не только не завершил свой путь к теории относительности, но даже отказался принять уже созданную теорию.

Как бы заочно полемизируя со своим великим предшественником, Эйнштейн в «Эволюции физики», написанной им совместно с польским физиком Леопольдом Инфельдом, размышлял:

«Физические понятия суть свободные творения человеческого разума, а не определены однозначно внешним миром, как это иногда может показаться. В нашем стремлении понять реальность мы отчасти подобны человеку, который хочет понять механизм закрытых часов. Он видит циферблат и движущиеся стрелки, даже слышит тиканье, но не имеет средств открыть их корпус. Если он остроумен, то может нарисовать себе некую картину механизма, которая отвечала бы всему, что он наблюдает, но он никогда не может быть уверен в том, что его картина единственная, которая могла бы объяснить его наблюдения. Он никогда не будет в состоянии сравнить свою картину с реальным механизмом, и он не может даже представить себе возможность или смысл такого сравнения».

Рис. 16. Пространство-время Минковского в теории

«Если бы даже оказалось, что мир идей нельзя вывести из опыта логическим путем, а что в определенных пределах этот мир есть

порождение человеческого разума, без которого никакая наука невозможна, все же он столь же мало был бы независим от природы наших ощущений, как одежда от формы человеческого тела».

Альберт Эйнштейн. Сущность теории относительности

Вместе с тем можно смело предположить: внутренне Эйнштейн был глубоко убежден в том, что «интеллектуальные продукты человеческого разума» и, в частности, математика во многом определяются окружающей физической реальностью. Как видно, подходы Пуанкаре и Эйнштейна к постижению действительности внешнего Мира существенно отличаются. То, что Эйнштейн понимает как относительное, но объективное, Пуанкаре понимает как чисто субъективное, условное (конвенциональное). Различие в позициях Пуанкаре и Эйнштейна и его возможные философские корни подробно исследованы историками науки. Так, профессор Тяпкин размышлял:

«История завершающего периода создания специальной теории осложнена лишь различием в оценках значения известных параллельных работ и проистекающим отсюда недостаточным вниманием к альтернативным подходам. В этих расхождениях проявились прежде всего объективные трудности понимания теоретических построений — в одном случае, и постижения логики размышления — в другом случае. Но, к сожалению, здесь присутствовала и необъективность оценок работ, вызванная тенденциозным выделением работы, первой получившей широкое признание. Конечно, в историческом анализе не следует впадать в крайности и нужно трезво оценивать как значение первых, но весьма еще нечетких формулировок новой физической теории (Лармор, Лоренц), так и преимущества возникших несколько позднее изложений той же теории (Эйнштейн, Пуанкаре, Минковский). Тогда при объективном рассмотрении нетрудно будет установить, что эта теория, как и квантовая механика, создана рядом выдающихся ученых начала XX века».

Рассмотренный этюд из истории становления теории относительности предлагает нам еще один фрагмент головоломки, который, будучи сложенным вместе с конвенционализмом Пуанкаре, дает все основания считать, что в преддверии эпохи

-43-

релятивизма ученый открыл еще нечто совершенно необычное. Поскольку истории неизвестны иные основополагающие концепции Пуанкаре, то открытие явно относилось к области своеобразной математической метафизики. Это нечто не только в значительной степени отвлекло внимание ученого от «мира световых скоростей», но и заставило в очередной раз обратиться к фундаментальному обоснованию математической науки.

Моррис Клайн подчеркивал, что поскольку математика — творение человека и с ее помощью мы открываем совершенно новые физические явления, люди создают отдельные части окружающего их Мира: тяготение, электромагнитные волны, кванты энергии и т. д. Разумеется, математик работает не в пустоте, а руководствуется данными чувственного опыта и эксперимента Существует некий субстрат физического факта, но даже там, где налицо какая-то физическая реальность, совершенная организация, полнота, уточнение и понимание достаются только с помощью математики.

Наше знание зависит от человеческого разума ничуть не меньше (если не больше), чем от реальностей окружающего мира. Разум влияет даже на чувственное восприятие. Восприятие дерева без сознания его «древесности» лишено смысла. Набор чувственных восприятий сам по себе лишен смысла. Люди с их разумом составляют часть реальности. Наука более не противопоставляет природу как объект исследования и человека как субъекта, занимающегося ее описанием. Объект и наблюдатель неразделимы.

Граница между математическим и эмпирическим знанием не абсолютна. Мы непрестанно вносим коррективы в наши наблюдения и в то же время видоизменяем наши теории так, чтобы они соответствовали новым наблюдениям и экспериментальным результатам. Цель усилий, предпринимаемых как в развитии теории, так и в совершенствовании эксперимента, — всестороннее и непротиворечивое описание физического мира. Математика служит своего рода посредником между человеком и природой, между внутренним миром человека и окружающим его внешним миром.

Так мы приходим к бесспорному и неопровержимому выводу: математика и физическая реальность нераздельны. Ма-

тематика — поскольку она говорит нам о составляющих физического мира и поскольку наше знание этого мира может быть выражено только в математических понятиях — столь же реальна, как столы и стулья. Границы нашего знания реальности существуют, но они постепенно расширяются.

Вполне возможно, что человек, введя некоторые ограничения и даже искусственные понятия, только таким способом сумел «навести порядок» в природе. Созданная им математика может оказаться не более чем рабочей схемой. Не исключено, что природа в действительности устроена гораздо сложнее и в ее основе нет никакого «плана». Но и тогда математика как метод исследования, описания и познания природы не знает себе равных. В некоторых областях ею исчерпывается все, что мы знаем. Если она и не есть сама реальность, то по крайней мере подходит к таковой ближе, чем любая другая область человеческой деятельности.

Какое влияние оказала философия конвенционализма на формулировку и последующий анализ физико-математических исследований Пуанкаре и как это связано с его релятивистскими воззрениями?

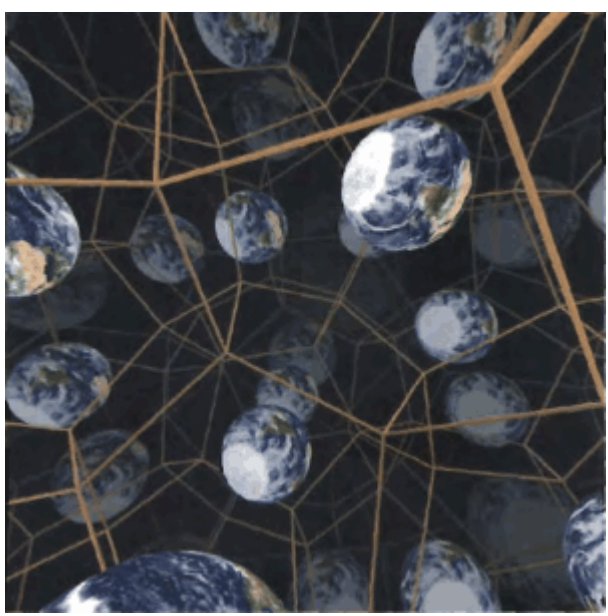


Рис. 17. Континуальные представления Пуанкаре неевклидова пространства-времени

Пуанкаре в своих работах подчеркивал, что видимая нами реальность представляет собой лишь проекцию внешнего мира на четырехмерный пространственно-временной континуум.

-45-

Тут есть два взаимодополняющих взгляда. Во-первых, поскольку ученый всегда «примерял» как метафизик свои математические изыскания к реальной структуре Мироздания, в самой формулировке тех же топологических задач видится некий идеологический подтекст. Привнося новый принцип геометрической эволюции реальности, Пуанкаре в очередной раз демонстрировал перспективную, по его мнению, возможность самых различных интерпретаций своих топологических построений, рассматривая научную теорию как некую чисто логическую структуру, относительно которой теряет смысл само понятие истинности.

Во-вторых, связывая вместе метафизическое содержание открытых им принципов релятивизма, ученый допускал, что понятия теории относительности вполне могут быть абстрагированы от своей реальной почвы и войти в аппарат описания динамической эволюции топологии Вселенной.

-46-

Гл. 3 Гипотеза Пуанкаре

«Математика — не просто создание человеческого разума, она испытывает на себе сильное влияние тех культур, в рамках которых развивается. Математические "истины" зависят от людей ничуть не меньше, чем восприятие цвета или язык».

Людвиг Витгенштейн

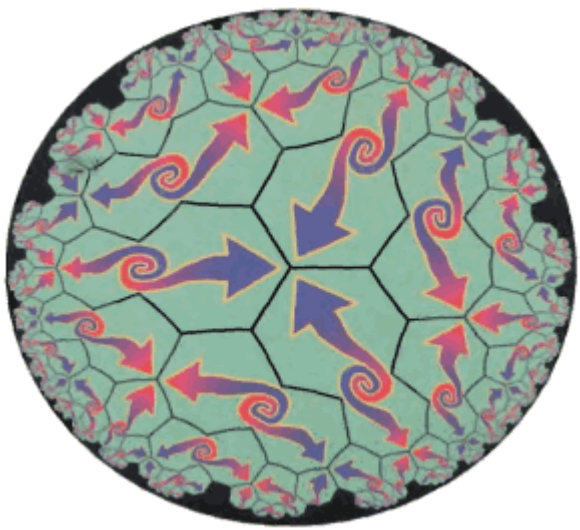


Рис. 18. Топологическое многообразие Пуанкаре

Всякое односвязное компактное трехмерное многообразие без края гомеоморфно трехмерной сфере.

«С того момента, как гипотеза Пуанкаре была сформулирована более ста лет назад, сообщения о ее доказательстве появлялись почти ежегодно. Анри Пуанкаре, двоюродный брат Раймонда

Пуанкаре, президента Франции во время Первой мировой войны, был также одним из талантливейших

математиков девятнадцатого века. Худой, близорукий, известный своей невероятной рассеянностью, Пуанкаре сформулировал знаменитую задачу за восемь лет до своей смерти, в 1904 году. Формулировка проблемы в качестве побочного вопроса была засунута в конец шестидесятипятистраничной статьи.

Пуанкаре не смог добиться сколько-нибудь заметного прогресса в решении этой проблемы. "Cette question nous entrainerait trop loin" ("Этот вопрос уводит нас далеко в сторону"), — писал он. Пуанкаре был основателем топологии — науки, также называемой "геометрией резинового листа" из-за ее ориентации на исследование внутренних свойств различных пространств».

Сильвия Насер, Дэвид Грубер. Многообразная судьба. Легендарная проблема и битва вокруг ее решения

Страсть великого французского ученого к построению фундаментальных основ математической науки и его релятивизм, отраженный в зеркале собственного философского учения — конвенционализма, привели в итоге к довольно необычной гипотезе строения Мира. В истории науки эту абстрактную математическую проблему, приводящую к важнейшим космологическим выводам, так часто и называют — топологическая гипотеза (теорема, задача, проблема) Пуанкаре.

С помощью молодого математика и непременного члена клуба знатоков «Что? Где? Когда?» Сергея Игоревича Николенко вспомним, что все началось с исследований, которые Пуанкаре вел в области алгебраической геометрии. Он работал над одним из краеугольных камней этой науки — теорией гомологии, особого класса топологических инвариантов. В 1900 году он опубликовал статью, в которой доказывал, что если у трехмерной поверхности гомология совпадает с гомологией сферы, то и сама поверхность — сфера; на самом деле это утверждение даже более сильное, чем утверждение гипотезы Пуанкаре.

Однако в его рассуждения вкралась ошибка, которую он сам и нашел, к 1904 году разработав важнейшее понятие фундаментальной группы и построив на его базе контрпример

к собственной теореме. Тогда же он наконец поставил вопрос правильно.

Достаточно долго на гипотезу не обращали внимания. Интерес к ней пробудил Джон Генри Константин Уайтхед (1904–

1960) — выдающийся английский математик, один из основателей теории гомотопий. Не следует путать его с дядей Альфредом Уайтхедом, тоже математиком, но специализировавшемся на логике и алгебре, написавшем вместе с Бертраном Расселом знаменитую монографию «Принципы математики», который в 30-е годы прошлого века объявил о том, что нашел-таки доказательство теоремы Пуанкаре. К сожалению, представленные расчеты в итоге оказались неверны, однако в процессе поиска и попыток исправить свои неточности он обнаружил интереснейшие классы трехмерных поверхностей и значительно продвинул теорию, которая позднее получила название топологии малых (или низших) размерностей. В 1950-1960-е годы всплеск интереса к проблеме вновь породил несколько ошибочных заявлений о том, что теорему удалось доказать, но после всесторонних проверок математики наконец поняли, что гипотеза Пуанкаре при своей внешней простоте, подобно знаменитой теореме Ферма, содержит множество подводных камней.

К тому времени топология низших размерностей стала отдельной ветвью математики и аналоги задачи Пуанкаре были доказаны для более высоких размерностей. Этому послужила удивительная причина: оказалось, что в невообразимом мире многих измерений эта часть геометрии устроена гораздо проще! Тем временем привычный нам «Трехмерный случай» продолжал оставаться камнем преткновения.

Гипотеза Пуанкаре является одной из наиболее известных задач топологии. Она дает достаточное условие того, что пространство является трехмерной сферой с точностью до деформации.

В гипотезе Пуанкаре утверждает, что:

«Всякое односвязное компактное трехмерное многообразие без края гомеоморфно трехмерной сфере».

Гипотеза Пуанкаре — одна из тех задач, в которых даже ошибочные решения приводят к появлению новых областей

математики; в этом с ней может соперничать разве что великая теорема Ферма. Кроме общедоступности формулировки у задачи Пуанкаре есть еще и внешние параллели с теоремой Ферма. Обе математические проблемы были сформулированы великими математиками вне сферы их основных интересов и были решены гениальными одиночками после многолетнего глубокого погружения в задачу.

Многочисленные книги по занимательной математике, мимо которых мало кто прошел в детстве, любят рассказывать о

топологии — странной науке, в которой два предмета сравниваются только по количеству дырок в них: чайная чашка ничем не отличается от бублика, а апельсин — от Солнца. На самом деле топология — очень глубокая наука и объекты и свойства, которые она изучает, весьма многочисленны и разнообразны. Прежде чем выяснить, в чем состоит гипотеза Пуанкаре, необходимо разобраться именно в топологии, к которой эта гипотеза и относится.

Топология многообразий занимается свойствами поверхностей, которые не меняются при определенных деформациях. Приведем классический пример. Предположим, что на столе лежит бублик и стоит пустая чашка. С точки зрения геометрии и здравого смысла это разные объекты хотя бы потому, что выпить кофе из бублика не получится при всем желании.

Рис. 19. Гипотеза Перельмана для топологии низших измерений

Если представить себе ячейку высокоразмерного континуума и постепенно избавляться от «лишних» изменений,

то на определенном этапе «уплощенное» пространство начнет автомодельным образом «само по себе» сворачиваться в идеальную сферу.

Гипотеза, сформулированная французским математиком Анри Пуанкаре в 1904 году, является центральной проблемой топологии, науки о геометрических свойствах тел, которые не меняются, когда тело вытягивается, скручивается или сжимается. Топологически двухмерную сферу можно сравнительно легко представить как планетарную поверхность, например лунную или земную. Но трехмерный шар в четырехмерном пространстве вообразить уже довольно сложно. Между тем Пуанкаре утверждал, что трехмерная сфера — это единственное ограниченное трехмерное пространство без дыр. Предположение о подобных свойствах многомерного пространства он сделал в 1904 году, когда только начинал заниматься топологией.

Однако тополог скажет, что чашка и бублик — это одно и то же. И объяснит это так. Вообразите, что чашка и бублик представляют собой поверхности, полые внутри и изготовленные из очень эластичного материала (математик бы сказал, что имеется пара компактных двумерных многообразий). Проведем умозрительный эксперимент: сначала раздуем дно чашки, а потом ее ручку, после чего она превратится в тор (именно так

математически называется форма бублика).

Разумеется, у пытливого читателя возникает вопрос: раз поверхности можно мять, то как же их различать? Ведь интуитивно понятно: как ни мни тор, без разрывов и склеек сферу из него не получишь. Тут в игру вступают так называемые инварианты — характеристики поверхности, которые не меняются при деформации, — понятие, необходимое для формулировки гипотезы Пуанкаре.

Здравый смысл подсказывает, что тор от сферы отличает дырка. Однако дырка — понятие далеко не математическое, поэтому его надо формализовать. Делается это так: представим, что на поверхности имеется очень тонкая эластичная нить, образующая петлю (саму поверхность в этом умозрительном опыте, в отличие от предыдущего, считаем твердой).

Будем двигать петлю, не отрывая ее от поверхности и не разрывая. Если нить можно стянуть до очень маленького кружочка (почти точки), то говорят, что петля стягиваема. В противном случае петля называется нестягиваемой.

Можно легко увидеть, что на сфере любая петля стягиваема, а вот для тора это уже не так: на бублике есть целых две петли — одна продета в дырку, а другая обходит дырку по периметру, которые нельзя стянуть. На рис. 19 показаны примеры нестягиваемых петель. Когда на поверхности есть петли, математики говорят, что «фундаментальная группа многообразия нетривиальна», а если таких петель нет — то тривиальна.

Теперь, чтобы правильно сформулировать гипотезу Пуанкаре, осталось потерпеть еще немного: надо разобраться, что такое трехмерное многообразие в общем и трехмерная сфера в частности.

Вернемся на секунду к поверхностям, которые мы обсуждали выше. Любую из них можно разрезать на очень мелкие кусочки, каждый из которых будет напоминать кусочек плоскости. Так как у плоскости всего два измерения, то говорят, что и многообразие двумерно. Трехмерное многообразие — это такая поверхность, которую можно разрезать на мелкие кусочки, каждый из которых очень похож на кусочек обычного трехмерного пространства.

Главным «действующим лицом» гипотезы является трехмерная сфера. Представить себе трехмерную сферу как аналог обычной сферы в четырехмерном пространстве, не потеряв при этом рассудок, все-таки, наверное, невозможно. Однако описать этот объект, так сказать, «по частям» достаточно легко. Все, кто видел глобус, знают, что обычную сферу можно склеить из северного и южного полушарий по экватору. Так вот,

трехмерная сфера склеивается из двух шаров (северного и южного) по сфере, которая представляет собой аналог экватора.

На трехмерных многообразиях можно рассмотреть такие же петли, какие мы брали на обычных поверхностях. Так вот, гипотеза Пуанкаре утверждает: «Если фундамен-

-52-

тальная группа трехмерного многообразия тривиальна, то оно гомеоморфно сфере». Непонятное словосочетание «гомеоморфно сфере» в переводе на неформальный язык означает, что поверхность может быть преобразована в сферу.

Будем чуточку более формальны. Говорят, что поверхность *k*-связна, если на ней можно провести *k-1*замкнутую кривую, которая не делит ее на две части. Сфера (поверхность апельсина) односвязная: как ни проводи на ней замкнутую кривую, кусочек вырежется; а вот поверхность бублика двусвязная — ее можно, например, разрезать поперек, превратив в цилиндр, но сохранив целостность (а вот повторно разрезать цилиндр уже не получится). Для поверхностей в трехмерном пространстве это свойство как раз и означает, что в поверхности есть *k-1*«дырка». В общем случае поверхность односвязная, если на ней любую замкнутую кривую можно непрерывной деформацией стянуть в точку, но поверхность бублика этим свойством не обладает (меридиан или параллель в точку не стягиваются).

Другое важное понятие — гомеоморфизм — также уже встречалось в рассуждениях о неразличимости чашки и бублика. Именно в этой неразличимости и дело: гомеоморфизм — это непрерывное преобразование, деформация, которой можно подвергнуть множество, сохранив при этом его топологические свойства (например, *k*-связность). Чашку легко непрерывным преобразованием превратить в бублик, а апельсин — в Солнце. При этом преобразовании сохраняются важнейшие топологические инварианты, такие как число *k*.Два множества, которые можно гомеоморфизмом превратить друг в друга, с топологической точки зрения считаются эквивалентными.

Гипотеза Пуанкаре состоит в том, что каждая односвязная трехмерная поверхность гомеоморфна трехмерной сфере. Обратите особое внимание на то, что «трехмерная поверхность» может размещаться в пространстве, чья размерность как минимум 4! Трехмерная сфера — это поверхность четырехмерного шара (привычная нам двухмерная сфера — поверхность трехмерного шара).

-53-

Рис. 20. Дискретный код трехмерной поверхности Терстона

Изображенные так называемые ячейки Терстона образуют своеобразную геометрическую головоломку. Если выбрать определенные коды Терстона: 6-8-7, 1-17-9 или 3-20-21, то каждый из них будет подсказывать, в какую геометрическую фигуру сложится трехмерная поверхность.

> «В конце семидесятых принстонский математик Уильям Терстон, любивший иллюстрировать свои идеи с помощью ножниц и бумаги, предложил систематизировать все трехмерные многообразия. Он утверждал, что, несмотря на то что многообразия могут принимать любую форму, в действительности они тяготеют к некоторой "предпочтительной" геометрии (подобно тому, как кусок шелка, обернутый вокруг манекена, стремится принять его форму). Терстон предположил, что любое трехмерное многообразие может быть разложено на один или несколько компонентов, каждый из которых можно отнести к одному из восьми типов, включая сферический».
>
> *Сильвия Насер, Дэвид Грубер. Многообразная судьба. Легендарная проблема и битва вокруг ее решения*

-54-

Доказывать гипотезу Пуанкаре начинают с произвольной римановой метрики на односвязном трехмерном многообразии *М*и применяют к нему поток Риччи с хирургией. Важным шагом является доказательство того, что в результате такого процесса «выбрасывается» все. Это означает, что исходное многообразие *М*можно представить как набор сферических пространственных форм, соединенных друг с другом трубками. Подсчет фундаментальной группы показывает, что *М*диффеоморфно связанной сумме набора пространственных форм. Таким образом, *М*является связной суммой набора сфер, то есть сферой.

К теме гипотезы Пуанкаре примыкает важная для кибернетиков область математики — вычислительная топология. Вычислительные и распознавательные задачи, оказывается, есть и в этой абстрактной науке. С одной из таких задач связана предпринятая в 1974 году очень интересная попытка решения проблемы Пуанкаре в ее алгоритмической версии.

Каждая трехмерная поверхность задается некоторым (не будем вдаваться в подробности) дискретным кодом — конечным

набором символов. Одна и та же поверхность имеет бесконечное число различных кодировок. Естественный вопрос: существует ли алгоритм, определяющийся по заданному кодовому слову, задает ли это слово трехмерную сферу в новой алгоритмической проблеме Пуанкаре? Именно эту задачу исследовал ряд видных российских математиков в 1974 году, предположив, что определенное свойство кода (оно было названо «волной») дает критерий «сферичности». Однако им удалось только доказать, что наличие «волны» гарантирует: перед нами сфера. Доказать же, что в любом коде, задающем сферу, имеется «волна», никак не получалось. Тогда авторы сделали весьма оригинальный по тем временам ход: провели масштабный компьютерный эксперимент. Была написана программа для машины БЭСМ-6, которая случайным образом генерировала коды, задающие трехмерную сферу, и проверяла наличие в них «волны». В эксперименте, потребовавшем весьма длительного счета, был проверен миллион таких случайных

представлений сферы — и во всех обнаружилась «волна»! Это был довольно веский аргумент в пользу корректности предложенного алгоритма. Но авторы, будучи серьезными математиками воздерживались от поспешных заявлений. И не напрасно: спустя пару лет был обнаружен контрпример…

Спустя 20 лет алгоритм распознавания 3-сферы (за экспоненциальное время) был все же построен. Однако общая проблема алгоритмического распознавания поверхностей размерности-3 открыта, она активно изучается и сегодня, в то время как для более высоких размерностей давно известна ее неразрешимость, а для размерности-2 она была решена еще раньше.

По мнению современного философа А. В. Дахина, особенно важно отметить, что теорема Пуанкаре — Перельмана содержит идею о возможности существования в глобальной Вселенной двух структур пространства.

Профессор Дахин считает, что имеет смысл обратиться к следующим закономерным вопросам: почему может существовать пространство с дыркой и почему может существовать пространство без дырки? Как существует пространство с дыркой и как существует пространство без дырки? И более глубокий вопрос: что находится внутри дырки и где это «что-то», когда дырка отсутствует?

Эти вопросы можно проиллюстрировать в терминах проблемы начала Вселенной. Резонно предложить две картины: одна из них показывает, что начало — это точечный объект

(материальная частица), а другая картина будет отражать, что начало Вселенной — это не материя, а дырка (ничто или дух), где время и пространство отсутствуют.

> «Теория Терстпона, получившая название гипотезы геометризации, описывает все возможные трехмерные многообразия и, таким образом, является очень важным обобщением гипотезы Пуанкаре. Доказательство гипотезы Терстона влекло за собой доказательство проблемы Пуанкаре. Доказательство теорий Терстона и Пуанкаре "открывало огромные перспективы", как признал Барри Мазур, математик из Гарвардского

> университета. Последствия этих доказательств для других областей науки могут быть неочевидны еще долгое время, но, без сомнения, для математиков эти задачи имели фундаментальное значение. "Эти задачи — что-то вроде теоремы Пифагора XX века, — добавил Мазур. — Они оказывают огромное влияние на математику"».
>
> *Сильвия Насер, Дэвид Грубер. Многообразная судьба. Легендарная проблема и битва вокруг ее решения*

Диалектический подход призывает к тому, чтобы найти концепт, обобщающий обе модели пространства. Базовая идея здесь была выдвинута именно Пуанкаре, который обосновал различие (и взаимосвязанность) между картезианской моделью пространства (трехмерная система) и моделью «живого» пространства, представленной в работах самого Пуанкаре (сферическая система). В частности, он дал собственное определение термина «точка пространства» для «живой» пространственной системы. Он показал точку пространства в качестве агента взаимодействий с другими предметами вокруг нее. Соответственно, как агент взаимодействий всякая точка пространства является одновременно и точкой времени, а потому должна быть оснащена собственной памятью.

Итак, было бы разумно заключить: точка пространства-времени — поскольку она является агентом собственных взаимодействий — действует под влиянием собственной памяти и поэтому считается «центром индетерминации» Вселенной. В то же время эта память — своеобразное проявление

предшествующей истории агента, которая отсутствует для всех взаимодействий настоящего. Следовательно, память дает всякому агенту некоторую независимость от предметов и взаимодействий настоящего. Рассматривая ситуацию, мы можем заметить, что кроме причин и взаимодействий настоящего агент имеет и некоторые иные источники собственной активности. Иными словами, он имеет собственные источники активности, которые со стороны выглядят как дырки.

-57-

Обобщая сказанное, предположим, что точка пространства-времени имеет два онтологических измерения собственной активности.

• Одно измерение (сфера бытия) связано с влиянием его предшествующей истории; это измерение памяти, которое проявляется как дырка и является невидимой оснасткой активности «центра индетерминации».

• Второе измерение (сфера существования) связано с его взаимодействиями в настоящем; это измерение взаимодействий, и оно проявляется через активность материальных частиц, которые являются видимой оснасткой любой активности центра детерминации.

Рис. 21. Модельные переходы в центр индетерминации Вселенной Пуанкаре

Таким образом, в свете бытийного измерения пространство Вселенной будет проявляться как содержащее дырки, потому что любой предмет или фактор будут повернуты стороной своей памяти. В аспекте существования пространство Вселенной будет проявляться как содержащее материальные частицы, потому что любой предмет или фактор будут высвечены со стороны взаимодействий. В русле диалектики особенно важно подчеркнуть различие и взаимосвязь между обоими измерениями. В заключение своих логических построений профессор Дахин резюмирует, что теория глобаль-

-58-

ной эволюции Вселенной не может быть адекватной, если она будет по-прежнему оснащена только одним концептуальным измерением.

Итак, перед нами абстрактная геометрическая или, точнее, топологическая проблема, которая определенно сильно повлияла на умонастроения великого французского метафизика (так со времен Аристотеля называют ученых, занимающихся философией науки). Это было какое-то особое влияние, заставившее Пуанкаре

связать в один тугой узел логических построений конвенционализм, релятивизм и топологию иных измерений. Что предстало перед изумленным взором ученого, когда ему удалось распутать эту научную проблему?

Это было какое-то новое миропонимание, настолько необычное, что оно и стало причиной знаменитого «молчания Пуанкаре»…

Однако проблема Пуанкаре при всей своей загадочности предполагала еще и решение, и оно тоже открывало нечто принципиально новое в облике нашего Мира…

Моррис Клайн в свое время писал, что, хотя математика и является чисто человеческим творением, она открыла доступ к некоторым тайнам природы и этим позволила добиться успехов, превзошедших все ожидания. Как это ни парадоксально, но именно столь далекие от реальности математические абстракции дали человеку возможность многого достичь. Сколь ни искусственно, а иногда и сказочно математическое описание, в нем есть своя мораль. Для мыслящего ученого математическое описание всегда было неиссякаемым источником удивления, рожденного тем, что природа проявляет столь высокую степень соответствия математическим формулам. Заложены ли регулярные зависимости, выражаемые физическими законами, в самой природе и мы лишь открываем их или их изобретает и применяет к природе разум ученого — в любом случае ученые должны надеяться, что их неустанный труд способствует более глубокому проникновению в тайны природы.

-59-

Именно здесь сходятся первые три пазла нашей исторической физико-математической головоломки: физический релятивизм, алгебраическая топология и философия конвенционализма. Все вместе это должно было вызвать какой-то прорыв в миросозерцании ученого. Прорыв настолько впечатляющий и открывающий такие горизонты познания, что Пуанкаре надолго погрузился в глубокое молчание, обдумывая новые перспективы постижения окружающей реальности.

-60-

Часть 2. Загадка гения Перельмана

-61-

«Все грандиозные достижения математики и естественных наук… проистекают из нашего неутомимого желания придать миру в наших умах более рациональную форму, чем та, которую придал ему грубый порядок нашего опыта».

Уильям Джеймс. Прагматизм

«Когда гениальный ученый привносит математический порядок и ясность в хаос чувственных восприятий, он достигает своей цели лишь ценой замены сравнительно доступных разуму понятий символическими абстракциями, не открывающими истинной природы окружающего нас Мира… Невозможно, однако, поверить, что эти порядок и организация, вносимые математической теорией, не являются отражением некой реальной структуры».

Пьер Дюгем. Цель и структура физической теории

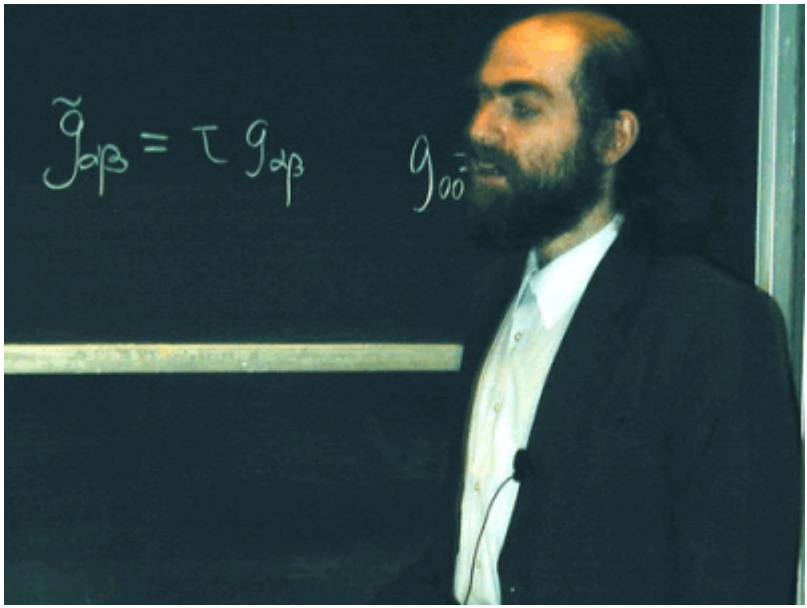


Рис. 22. Григорий Яковлевич Перельман

Гениальный российский математик родился и вырос в Ленинграде, учился в знаменитой школе № 239. В 1982 году он выиграл Международную математическую олимпиаду, набрав максимально возможное количество баллов. В СПбГУ получил степень кандидата наук, затем некоторое время ра-

ботал в Петербургском отделении математического института РАН; в конце 1980-х годов уехал в США, где работал до середины 1990-х, а затем вернулся в Россию.

История доказательства гипотезы Пуанкаре напоминает историю доказательства теоремы Ферма, проведенного выдающимся английским математиком Эндрю Уайлсом. Российский математик Григорий Яковлевич Перельман также на долгие 7 лет практически перестал публиковаться и, уйдя в глубины математических рассуждений, ничем о себе не напоминал. Никто не знал, над чем он работал, пока, подобно грому среди ясного неба, не грянул в ноябре 2002 года первый электронный препринт (предварительная версия статьи, обычно предшествующая публикации и необходимая, чтобы установить приоритет и довести свои результаты до научного сообщества), помещенный Перельманом на популярный сервер электронной библиотеки научных работ Лос-Аламосской лаборатории. В препринте содержалось доказательство более общего геометрического факта, из которого, в частности, вытекала и

гипотеза Пуанкаре.

Необычность подачи материала, сенсационный отказ его автора от почестей и наград, а также очень странные мировоззренческие выводы, которые вскоре стали делать философы, математики и физики из решения российского гения, породили своеобразное научно-социальное явление, которое стоило бы так и назвать — проблема Перельмана.

Доказательство Григория Перельмана основано на идеях, которые развил в начале 1980-х годов Ричард Гамильтон. Эти идеи неожиданным образом выводят топологические заключения из фактов о дифференциальных уравнениях — так называемых потоках Риччи, обобщающих уравнения термодинамики.

Каким же образом новые топологические решения способны изменить наши материалистические взгляды на окружающее? Ведь, следуя Уильяму Барретту и его «Иллюзии техники», мы должны были бы считать, что чрезмерное пристрастие к формализму приводит к убеждению, что

-63-

математика — свободный экскурс в пустоту. Некоторые философы не без одобрения отнеслись к подобной сентенции. Вполне понятно, заявили они, что вряд ли можно строить самолеты или запускать ракеты без помощи математики. Однако не стоит, вырывая из контекста то или иное математическое утверждение, спрашивать, какому именно факту в реальном мире оно соответствует. Ясно, что на подобные вопросы невозможно дать четкий ответ…

Нам необходимо также понятие разума как продукта природы, связанного с ней в самих основах своего проявления. Математическим сущностям нет места во вневременном мире… Все они — творения человеческого разума, обретающие бытие только в своем взаимоотношении с окружающей природой. Все человеческое мышление протекает на фоне природы.

Один из лучших обзоров необычной проблемы Перельмана составлен журналистами Сильвией Насер и Дэвидом Грубером для американского еженедельника «Нью Йоркер». Это популярное и авторитетное издание публикует репортажи, комментарии, критику, эссе, художественные произведения, юмор, комиксы и поэзию. Большинство открытий в области литературы впервые появляются именно на страницах этого еженедельника, и хотя его основные темы связаны с культурной жизнью Нью-Йорка, издание весьма популярно и за пределами мегаполиса. Тем необычнее было появление в этом журнале обширной статьи под названием «Многообразная судьба. Легендарная проблема и битва вокруг ее решения».

Американские репортеры начали свой рассказ с предыстории открытия Перельмана, когда вечером 20 июня 2006 года несколько сотен физиков, включая одного нобелевского лауреата, собрались в конференц-зале пекинского отеля «Дружба» на конференцию, организованную известным китайским математиком Шин-Тун Яу. В конце 1970-х годов Яу, которому было тогда двадцать с небольшим лет, совершил серию блестящих открытий, которые положили начало революционному продвижению теории струн в физике и принесли ему, наряду с высшей математической наградой — Филдсовской

медалью, репутацию выдающегося мыслителя сразу в двух областях науки.

Рис.23. Карикатура из еженедельника «Нью Йоркер» на китайского математика Шин-Тун Яу, упорно оспаривавшего паритет Григория Яковлевича Перельмана в решении проблемы Пуанкаре

> «Яу, коренастый человек пятидесяти семи лет, стоял за кафедрой в майке-безрукавке и очках в толстой черной оправе и рассказывал собравшимся о том, как два его ученика, Си-Цинь Чжу и Куай-Донг Као, несколько недель назад завершили доказательство гипотезы Пуанкаре. "Я полностью уверен в результатах их работы, — сказал Яу. — Китайские математики могут по праву гордиться таким замечательным успехом". Он также сказал, что Чжу и Као были в большой степени обязаны своим успехом его давнишнему американскому коллеге Ричарду Гамильтону, внесшему огромный вклад в решение проблемы Пуанкаре. Он также упомянул имя Григория Перельмана, чье участие, по признанию самого Яу, было немаловажным. Тем не менее Яу сказал: "В работе Перельмана, несомненно блестящей, многие ключевые аспекты доказательства представлены схематично, некоторые — лишь обозначены, а некоторые — просто отсутствуют". И добавил: "Мы бы хотели получить некоторые комментарии от Перельмана. Но он живет в Санкт-Петербурге и отказывается общаться с другими людьми".
>
> В течение полутора часов Яу обсуждал некоторые технические детали доказательства, приведенного его

учениками. По окончании его речи никто не задал ни одного вопроса».

Сильвия Насер, Дэвид Грубер. Многообразная судьба. Легендарная проблема и битва вокруг ее решения

-65-

Американские обозреватели отметили, что Яу стал профессором математики в Гарварде и директором математических институтов в Пекине и Гонконге, проводя время в постоянных разъездах между Соединенными Штатами и Китаем. Например, он добился проведения секционных заседаний международной физической конференции, посвященной теории струн, в фешенебельном пекинском отеле «Дружба». Одной из целей этой конференции, которую Яу организовал при поддержке китайского правительства, была демонстрация достижений отечественной науки в области теоретической физики. Яу даже удалось пригласить знаменитого британского физика Стивена Хокинга, который выступил с пленарным докладом перед многими тысячами китайских студентов в пекинском Великом дворце народов. Сообщение самого Яу на этой конференции было посвящено именно проблеме Пуанкаре и поиску путей ее решения. Наверное, это выглядело довольно необычно среди других докладов по теоретической и математической физике. Тем не менее, по отзывам участников, хотя большинство слушателей имело довольно смутное представление об этой столетней геометрической задаче, своеобразная топологическая шарада о свойствах трехмерных сфер заинтересовала многих. Интерес подогревало и то, что в представлении многих математиков гипотеза Пуанкаре является своего рода святым Граалем — в силу своего большого влияния как на дальнейшее развитие проективной геометрии, так и на космологические исследования эволюции формы нашего Мира.

Тут надо отметить, что удивительная связь чисто физической проблемы фундаментального строения сверхмикроскопических глубин Мироздания и решений проблемы Пуанкаре далеко не случайна. Вот и Моррис Клайн, обсуждая «непостижимую эффективность математики», отмечает согласие многих математиков в том, что их наука находит необычайно широкое применение; при этом они также признают свою несостоятельность в объяснении этого феномена. Замечательная группа французских математиков, работавших под коллективным псевдонимом Никола Бурбаки, утвержда-

-66-

ла, что между экспериментальными явлениями и математическими структурами существует тесная взаимосвязь. Однако абсолютно неизвестно, какими причинами обусловлена эта взаимосвязь, и вряд ли мы когда-нибудь узнаем. В далеком прошлом математические закономерности выводили из твердо установленных экспериментальных истин, в частности непосредственно из интуитивного восприятия пространства. Однако квантовая физика показала (подробности читатель может узнать в книге автора «Тайны квантового мира»), что эта макроскопическая интуиция реальности охватывает и микроскопические явления совершенно иной природы, связывая их с математикой, которая заведомо была создана не как приложение к экспериментальной науке. Следовательно, перед нами не что иное, как контакт двух дисциплин, реальные связи между которыми скрыты глубже, чем можно предполагать априори. Математику можно представить как своего рода хранилище математических структур. Некоторые аспекты физической или эмпирической реальности удивительно точно соответствуют этим структурам, словно последние подогнаны под них.

Гл. 1. Математическая школа

«Лучший метод для предвидения будущего развития математических наук заключается в изучении истории и нынешнего состояния этих наук».

Анри Пуанкаре. О науке

По отзывам одноклассников и учителей, Григорий Перельман, несмотря на выдающиеся успехи в решении самых сложных задач, сначала не планировал становиться математиком. Долгое время его гораздо больше привлекала физика, особенно ее теоретические и математические разделы. Здесь сказывалось влияние отца, который всячески поощрял занятия сына именно математической физикой, подкидывая ему логические и математические задачи. По словам самого Григория Яковлевича, очень большое влияние на него в детстве оказали подаренные отцом книги однофамильца и дальнего родственника Якова Исидоровича Перельмана «Занимательная физика» и «Занимательная математика». В предисловии к первой автор описывал ее как собрание «загадок, головоломок, занимательных историй и неожиданных сравнений», добавляя: «Я привожу многочисленные цитаты из романов Жюля Верна, Герберта Уэллса, Марка Твена и других писателей, поскольку, кроме чистого развлечения, приключения, описанные в их книгах, могут послужить превосходными иллюстрациями к урокам физики». В этих книгах рассматривалось множество любопытных тем. Например, как правильно соскочить со стремительно несущегося транспорта, определить реальные размеры далекой башни или поймать пулю руками.

Григорий Яковлевич Перельман родился 13 июня 1966 года в Ленинграде. Его отец был инженером-электриком, в 1993 году он эмигрировал в Израиль. Мать осталась в Санкт-Петербурге. Всю свою жизнь до самой пенсии она проработала учителем математики в одном из профессионально-

технических училищ, впоследствии переименованном в колледж. Отец воспитал в сыне честность, прямолинейность и бескомпромиссность. Любимым занятием мальчика, кроме чтения, математики и музыки, были многочасовые шахматные поединки с отцом. Страсть к музыке и математике юному гению привила мать — Любовь Львовна, которая и сама любила решать

с сыном головоломки по алгебре и геометрии. Кроме того, она неплохо играла на скрипке и смогла передать Грише любовь к классической музыке.

Рис. 24. 9-й класс школы. Григорий Перельман крайний справа в нижнем ряду

> «Гриша — настоящий гений, в школе уже знают о его достижениях и очень рады за него. Когда Гриша учился у нас, я преподавала ему вычислительную математику. Уже тогда он знал практическую часть этого раздела науки лучше, чем я. Но при этом Гриша никогда не кичился своим талантом и спокойно решал все предложенные ему задачи. Он очень скромный и неприхотливый человек, может быть, чересчур неприхотливый».
>
> *Директор Петербургского физико-математического лицея № 239, заслуженный учитель России Тамара Ефимова* [1]

Доцент Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена Сергей Евгеньевич Рукшин — основатель и бессменный руководитель математического

центра для одаренных детей при городском Дворце пионеров

— вспоминает, что редкие способности Перельмана к точным наукам проявились еще в раннем детстве. До девятого класса этот самый настоящий вундеркинд учился в обычной школе на окраине города. Неизвестно, как сложилась бы судьба будущего математического гения, если бы мама не записала его в центр при Дворце пионеров. Там мальчик и шлифовал свой математический талант с пятого класса до самого окончания школы. Надо сказать, что ученики С. Е. Рукшина завоевали 70 медалей на самых престижных математических соревнованиях среди школьников, и именно его называют первооткрывателем таланта Григория Перельмана. Как одаренный юноша Григорий был зачислен и впоследствии с блеском окончил знаменитую школу № 239 с углубленным изучением математики, при этом постоянно побеждая на многочисленных математических олимпиадах. Его имя занесено на школьную доску почета за получение золотых медалей на всесоюзных и международных олимпиадах.

Рис. 25. На уроке в школе № 239

«В классе, где учился Гриша Перельман, талантливых детей было много. Но именно он запомнился сразу —

уж очень ответственно готовился к каждому уроку. У него был широкий кругозор, и половину того, что я рассказывала, он уже знал. Но никогда этого не показывал. В увеселительных мероприятиях не участвовал. Друзей у него тоже особых не было, со всеми общался ровно. Хорошо играл в настольный теннис, посещал музыкальную школу. Да и за учебу получал круглые пятерки. Писал без единой ошибки, был блестящим оратором. Правда, медаль, на которую имел все шансы, не получил из-за четверки по физкультуре. Дело в том, что Гриша рос полноватым и на "отлично" сдать нормы ГТО у него никак не получалось. Так он и остался без золота.

Как это ни печально, больше половины выпускников нашей школы не работают в России, а уезжают за границу. И Гриша при его способностях мог бы давно трудиться на лучших кафедрах лучших университетов мира. Но он предпочитает оставаться в Питере. И это приятно…»

Директор Петербургского физико-математического лицея № 239, заслуженный учитель России Тамара Ефимова

В 1982 году он последний раз в составе команды школьников участвовал в Международной математической олимпиаде в Будапеште, где завоевал золотую медаль, и в том же году был зачислен на математико-механический факультет Ленинградского государственного университета без экзаменов. За время университетской учебы Григорий подтвердил славу феноменального «решателя» математических задач: он постоянно побеждал на факультетских, городских и всесоюзных студенческих математических олимпиадах. Перельман был ленинским стипендиатом, окончил университет с красным дипломом и тут же поступил в аспирантуру при Ленинградском отделении Математического института им. В. А. Стеклова [2].

По отзывам его преподавателей и научного руководителя диплома — старшего научного сотрудника

-71-

Санкт-Петербургского отделения Математического института им. В. А. Стеклова Юрия Бураго, Григорий уже в студенческие годы проявил глубокий интерес к различным сложнейшим топологическим проблемам. Причем рассматривал он эти умопомрачительные математические построения очень тщательно и старательно, всегда пытаясь найти оригинальные, нетрадиционные решения.

Математический институт им. В. А. Стеклова Российской академии наук был основан в начале 1920-х годов в Ленинграде. В 1934-м Сталин приказал ученым переехать в столицу, а в Ленинграде осталось отделение института. С тех пор здесь продолжают традиции русской математической школы, основанной великим математиком Чебышевым. Сразу после войны питерские ученые трудились над «атомным проектом», позже в стенах института было сделано немало открытий, прогремевших по всей планете. Здесь впервые в мире академик Фаддеев открыл новый класс задач квантовой физики, а ученый Юрий Матиясевич решил знаменитую проблему Гильберта, с которой до него никто не мог справиться.

Рис. 26. Победители международной математической олимпиады (Григорий Перельман — третий справа)

«К удивлению Григория, его хобби оказалось востребованным в обществе. В возрасте четырнадцати

лет он был признанным авторитетом в местном математическом кружке. В 1982 году (в том самом, когда Шин-Тун Яу вручили Филдсовскую медаль) Перельман получил высшую оценку и золотую медаль на международной математической олимпиаде в Будапеште. Он поддерживал дружеские, но не близкие отношения с ребятами из своей команды. "У меня не было близких друзей", — говорил Григорий. Он был одним из двух

или трех евреев в параллели и, кроме того, очень любил оперу, что не могло не сказаться на его популярности в школе. Его мать, преподаватель математики в техническом колледже, увлекалась игрой на скрипке и начала брать его с собой в оперу, когда ему было всего шесть лет. К пятнадцати годам Перельман тратил все свои карманные деньги на аудиозаписи. Он был безумно счастлив, когда ему удалось приобрести запись знаменитого исполнения "Травиаты" 1946 года, где партию Виолетты исполняла Личия Альбанезе. "У нее был очень хороший голос", — вспоминал Перельман».

Сильвия Насер, Дэвид Грубер. Многообразная судьба. Легендарная проблема и битва вокруг ее решения

Научным руководителем Григория Перельмана был выдающийся отечественный геометр и тополог академик Александр Данилович Александров. Защитив кандидатскую диссертацию, Григорий продолжил работать в лаборатории геометрии и топологии, а затем математической физики института им. В. А. Стеклова. В этот период известны его работы по теории пространств Александрова, исследуя которые, он сумел найти доказательства к ряду важных геометрических гипотез.

Подающего большие надежды российского математика не раз приглашали престижнейшие мировые научные центры и университеты, но он всегда предпочитал жить и работать в родном Петербурге, не принимая даже самых выгодных предложений. Это всегда вызывало большое удивление среди знакомых и коллег, ведь и в дирекции Санкт-Петербургского отделения Математического института им. В. А. Стеклова честно признают, что зарплата питерских, ученых в несколько десятков раз меньше, чем у их коллег на Западе. Многие ученые уже

покинули институт, ведь за рубежом идет самая настоящая борьба за «русские мозги», и большинство молодых специалистов уезжают на Запад. Это основная проблема института, так как за последнее десятилетие эмигрировали более 40 специалистов. Сегодня здесь осталось 126 сотрудников, из них 51 доктор и 56 кандидатов наук.

-73-

Рис. 27. Санкт-Петербургский государственный университет

В начале 1990-х годов на всем постсоветском пространстве бушевали финансовые кризисы и жесточайшая инфляция. Первыми в безжалостной борьбе за выживания пострадали различные научно-исследовательские институты, особенно академического профиля. Гибла вузовская наука, а вслед за ней стали быстро закрываться центры фундаментальных и теоретических исследований. Волна кризиса накрыла и Санкт-Петербургское отделение Математического института. Однако к тому времени Григорий Яковлевич был уже известен некоторыми весьма оригинальными подходами в геометрии многомерных пространств, что позволило ему в 1992 году получить приглашение провести один лекционный семестр в Нью-Йоркском университете и еще один — в университете Стони Брук.

-74-

Рис. 28. Дружеский шарж на великого математика его китайского коллеги Ганг Тяна

«Перельману нравилось в Соединенных Штатах, центре международного математического сообщества. Он все время ходил в одном и том же вельветовом пиджаке и рассказывал друзьям в Нью-Йоркском университете, что питается только хлебом, сыром и молоком. Он любил гулять в Бруклине, где у него жили родственники, и покупать там настоящий черный хлеб. Некоторых коллег Григория поражали его необычайно длинные ногти. "Растут себе — и ладно", ~ отвечал он тем, кто спрашивал его, почему он их не острижет. Раз в неделю Перельман и молодой китайский ученый Ганг Тян отправлялись в Принстон, чтобы принять участие в семинаре, проходившем в Институте перспективных исследований (ИПИ).

На протяжении нескольких десятилетий этот

институт и находящийся неподалеку Принстон были центрами топологической науки».

Сильвия Насер, Дэвид Грубер. Многообразная судьба. Легендарная проблема и битва вокруг ее решения

Это позволило молодому гению не только пережить кризисный период в отечественной науке, но и узнать о новых, самых современных веяниях в разрабатываемой им теме. Здесь Перельман и познакомился с человеком, который на долгие годы определил направление его исследований. Речь идет об известном американском тополоте Ричарде Гамильтоне

из Корнелльского университета, который еще в 1982 году опубликовал статью, посвященную уравнению, названному впоследствии потоками Риччи. Это уравнение, по мнению Гамильтона, могло помочь в решении специальных топологических задач, в том числе знаменитой проблемы Пуанкаре. Решение подобных уравнений напоминает хорошо известный процесс распространения тепла в некой вещественной среде от более теплых к более холодным участкам или, говоря математическим языком, потоки Риччи, сглаживая аномалии, дают многообразиям более унифицированную геометрию.

Углубившись в проблематику гипотезы Пуанкаре, Григорий Яковлевич первым делом ознакомился с историей этой интереснейшей математической задачи XX века. Так, к 1960-м годам уже стало ясно, что топология является одной из наиболее продуктивных отраслей математики, и многие молодые топологи смело бросили вызов многим «геометрическим проблемам века», в число которых, конечно же, входила и гипотеза Пуанкаре. К тому времени, к немалому изумлению большинства ученых, выяснилось, что многообразия четырех, пяти и более измерений гораздо легче поддаются изучению, чем те, что имеют всего три размерности. К 1982 году гипотеза Пуанкаре была уже надежно доказана для всех случаев, кроме трехмерного, наиболее интересного с точки зрения реального псевдоевклидова пространства нашего Мира.

Наверное, именно поэтому в 2000 году руководство престижной частной организации, поддерживающей математические исследования, — Математического института Клэя — назвало решение гипотезы Пуанкаре одной из семи наиболее важных задач современной математики и назначило беспрецедентный денежный приз в один миллион долларов тому, кто сможет представить аргументированное доказательство

теоремы.

Сразу же началась изнурительная гонка между отдельными исследователями и целыми коллективами, но еще раньше в данном направлении далеко продвинулся пока еще малоизвестный российский математик из Санкт-Петербургского отделения Математического института, подписывающий свои англоязычные работы — Гриша Перельман…

Гл. 2. Почерк гения

«Мы законодатели Вселенной; возможно даже, что опыт не дает нам ничего, кроме созданного нами, и что сам материальный мир есть величайшее из наших математических творений».

Дж. У. Н. Салливан. Аспекты науки

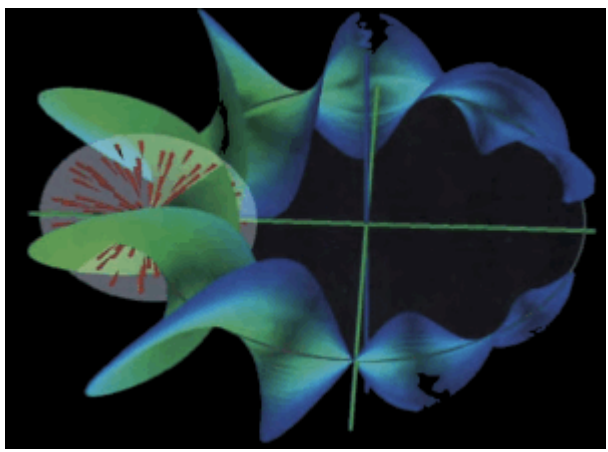


Рис. 29. Электронная модель преобразования Пуанкаре — Перельмана

В ноябре 2002 года математический мир облетела сенсационная новость: некий малоизвестный российский математик выложил на общедоступном интернет-сервере доказательство гипотезы Пуанкаре! Тут надо заметить, что, подобно любому законченному художественному или музыкальному произведению, доказательство математической теоремы, тем более такого уровня, как теорема Пуанкаре, должно иметь совершенно особую логику, форму и концепцию. Решение здесь обычно строится на формулировке ряда аксиом как общепризнанных утверждений.

Затем начинается хитроумная вязь математических выкладок, логика которых приводит к решающему выводу, за которым и следует конечный результат. Самое главное — не ошибиться в нанизывании звеньев логической цепочки доказательств, ведь даже незначительная неточность тут же бракует итоговый

результат.

Почему же столько критических замечаний вызвала именно форма ознакомления с результатами исследований российского математика?

Дело в том, что интернет-издания, как правило, не рецензируются, в том числе и электронные архивы. Между тем печатные научные издания придают независимому рецензированию публикуемых материалов очень большое значение, считая, что только экспертные оценки признанных профессионалов могут показать корректность и оригинальность представленных материалов. Заметим, что эта общепризнанная норма научных публикаций часто оказывалась под огнем критики. Например, Эйнштейн принципиально не публиковался в рецензируемых изданиях.

Итак, вернемся в 1992 год, когда молодой, но уже довольно многообещающий сотрудник Математического института им. В. А. Стеклова Григорий Перельман попал на лекцию светила топологии Ричарда Гамильтона. Американский математик рассказывал о потоках Риччи — новом инструменте для изучения гипотезы геометризации Терстона — факта, из которого гипотеза Пуанкаре получалась как простое следствие. Эти потоки, построенные в некотором смысле по аналогии с уравнениями теплопереноса, заставляли поверхности со временем деформироваться примерно так же, как мы деформировали двумерные поверхности. Оказалось, что в некоторых случаях результатом такой деформации оказывался объект, структуру которого легко понять. Основная трудность заключалась в том, что во время деформации возникали особенности с бесконечной кривизной, аналогичные в некотором смысле черным дырам в астрофизике.

Рис. 30. Односвязное двумерное многообразие Пуанкаре

«С точки зрения тополога не существует разницы между бубликом и кофейной кружкой с ручкой. Оба эти объекта имеют дырку и могут быть трансформированы друг в друга без нарушения целостности. Для описания этого абстрактного топологического пространства Пуанкаре использовал слово "многообразие" (manifold). Простейшее двумерное многообразие — поверхность футбольного мяча, которая для тополога является сферой, даже если ее растянуть или скомкать.

Доказательством того, что объект представляет собой двумерное многообразие (так называемую two-sphere), является то, что объект — односвязный (simply connected), то есть в нем нет дыр. В отличие от футбольного мяча бублик не является сферой. Если вы накинете лассо на футбольный мяч и начнете его затягивать, в результате вам удастся стянуть узел лассо в точку, при этом лассо будет все время находиться на поверхности мяча. Если вы завяжете лассо вокруг дужки бублика, стянуть его в точку, не разрушая целостности бублика, вам не удастся».

Сильвия Насер, Дэвид Грубер. Многообразная судьба. Легендарная проблема и битва вокруг ее решения

-79-

Рис. 31. Преобразования двумерных многообразий (современное компьютерное моделирование)

Свойства двумерных многообразий были хорошо известны уже в середине XIX века, однако оставалось неясным, справедливо ли для трех измерений то, что истинно в случае двух. Пуанкаре предположил, что все замкнутые односвязные трехмерные многообразия (финитные многообразия без дырок) являются сферами. Эта гипотеза имела особенное значение для ученых, исследующих самое большое трехмерное многообразие — нашу Вселенную. Математическое доказательство этой гипотезы было, тем не менее, совсем не легким. Большинство попыток привело исследователей в тупик, но некоторые послужили источником важных математических открытий, таких как лемма Дена, теорема сферы и теорема о петле, ставших базовыми теоремами современной топологии.

Рис. 32. Замкнутое односвязное трехмерное пространство своеобразно иллюстрирует сфера Эшера

Гипотезу Пуанкаре можно было бы сформулировать еще так: любое замкнутое односвязное трехмерное пространство гомео-

-80-

морфно трехмерной сфере или, иначе говоря, все трехмерные поверхности в четырехмерном пространстве, гомотопически эквивалентные сфере, гомеоморфны ей. Для пояснения этой задачи часто используют наглядный пример: если обмотать

яблоко резиновой лентой, то, в принципе, стягивая ленту, можно сжать яблоко в точку. Если же обмотать такой же лентой бублик, то в точку его сжать нельзя без разрыва или бублика, или резины. В таком контексте яблоко называют односвязной фигурой, бублик же не односвязен. Почти сто лет назад Пуанкаре установил, что двумерная сфера односвязная, и предположил, что трехмерная сфера тоже односвязна. Говоря простыми словами, если трехмерная поверхность в чем-то похожа на сферу, то, если ее расправить, она может стать только сферой и ничем иным. Доказать эту гипотезу не могли лучшие математики мира.

Надо вспомнить, что в феноменальном интеллектуальном забеге на «математический приз тысячелетия» участвовали и другие выдающиеся личности. Так, одним из них был видный математик и физик-теоретик китайского происхождения Шин-Тун Яу, которого тоже очень интересовали исследования Гамильтона потоков Риччи. Яу и Гамильтон познакомились в 1970-х годах и вскоре стали близкими друзьями, несмотря на разницу в темпераменте и воспитании.

Рис. 33. Ричард Гамильтон, профессор математики Колумбийского университета (США)

«Гамильтон, сын врача из Цинциннати, опровергал сложившийся стереотип математика как засушенного "ботаника". Дерзкий и непочтительный человек, он ездил верхом, занимался виндсерфингом и менял подружек как перчатки. В его

жизни математика занимала место еще одного хобби. К сорока девяти годам у него сложилась репутация превосходного лектора, но количество его опубликованных работ было относительно невелико, если не считать базовых статей о потоках Риччи; кроме того, у него практически не было учеников. Перельман прочел статьи Гамильтона, после чего отправился послушать его лекцию в ИПИ. После лекции Перельман поборол свою застенчивость и поговорил с Гамильтоном.

"Мне было очень важно расспросить его кое о чем, — вспоминал Перельман. — Он улыбался и был очень со мной терпелив. Он даже рассказал мне пару вещей, которые были им опубликованы только несколько лет спустя. Он, не задумываясь, делился со мной. Мне очень

понравились его открытость и щедрость. Могу сказать, что в этом Гамильтон был не похож на большинство других математиков".

"Я работал над разными темами, хотя время от времени я мысленно возвращался к потокам Риччи, — добавил Перельман. — Не нужно быть великим математиком, чтобы увидеть, что потоки Риччи могут оказаться полезными в решении проблемы геометризации. Я чувствовал, что мне не хватает знаний. Я продолжал задавать вопросы…"

В 1996 году он написал Гамильтону длинное письмо, обозначив в нем свою идею — с надеждой на сотрудничество. "Он не ответил, — сказал Григорий. — И я решил работать один"».

Сильвия Насер, Дэвид Грубер. Многообразная судьба. Легендарная проблема и битва вокруг ее решения

Между тем после лекционного турне по американским университетам Перельман вернулся в Россию, где начал трудиться над решением проблемы особенностей потоков Риччи и доказательством гипотезы геометризации (а вовсе не над гипотезой Пуанкаре) втайне от всех. Решая уравнение потока Риччи (математически это дифференциальное уравнение в частных производных), Григорий Яковлевич получил очень интересные результаты, позволяющие деформировать риманову метрику на многообразии. Однако немного позже он получил довольно неприятный результат, заключающийся в том, что в процессе деформации возможно образование сингулярностей — точек, в которых кривизна стремится к бесконечности. «Сингулярные решения» очень не любят физи-

ки, обоснованно считая, что их математические модели просто перестают работать в данных точках и ту же деформацию невозможно продолжить. Первый шаг в «войне с сингулярносгями» состоит в их классификации в трехмерном ориентированном случае. Затем при подходе к сингулярности поток останавливают и производят «хирургию» — выбрасывают малую связную компоненту или вырезают «шею», а полученные две дырки заклеивают двумя шарами так, что метрика полученного многообразия становится достаточно гладкой, — после чего продолжают деформацию.

Классификация сингулярностей позволяет заключить, что каждый «выброшенный кусок» диффеоморфен сферической

пространственной форме. Процесс, описанный выше, называется «поток Риччи с хирургией».

Рис. 34. Планетарная поверхность как аналог двумерной сферы — одного из основных элементов доказательства теоремы Пуанкаре — Перельмана

Исходя из общепризнанных математических стандартов (да и общих научных), решение проблемы Пуанкаре, предложенное Перельманом, выглядело достаточно необычно. Его форма была конспективно краткой и в то же время фантастически емкой, логика построений поражала филигранной точностью математических высказываний, а сами они были до предела сжаты. Более того, доказательство не имело прямых упоминаний гипотезы Пуанкаре и содержало массу результатов, не имевших отношения к основной теме. Все это вызвало

-83-

в математическом мире шквал комментариев, многие из которых, особенно со стороны китайской математической школы, трудно было назвать объективными. Уже несколько лет спустя анализ доказательства Перельмана, которое занимало всего лишь десятки страниц, насчитывал стостраничные тома, а общее количество оценок и комментариев не уместилось бы и в тысячестраничном фолианте. Между тем различные команды экспертов (надо заметить, что лишь немногие математики имели достаточный уровень для оценки работ Перельмана) раз за разом подтверждали правильность доказательства, предложенного российским гением, при этом не было найдено ни одной погрешности логических построений. В математическом сообществе постепенно зрело взвешенное мнение: Григорию Яковлевичу Перельману действительно удалось решить проблему Пуанкаре и теперь его доказательство вполне можно называть теоремой Пуанкаре — Перельмана.

В ноябре 2002 года Григорий Яковлевич Перельман закончил выкладывать доказательство гипотезы Пуанкаре в Интернете на сайте так называемого электронного архива, чем он занимался на протяжении восьми месяцев, опубликовав три оригинальные работы.

Рис. 35. Топологические метаморфозы (по мотивам М. Эшера)

-84-

стр. отсутствует

-85-

который в эпоху Ферма разработан не был. Поэтому усилия математиков были направлены не на решение этого частного случая, а на построение нового математического подхода, который способен справляться с такими задачами.

Рис. 36. Бесконечность топологической эволюции

> «В 1995 году Гамильтон опубликовал статью, в которой обсуждал некоторые идеи по решению задачи Пуанкаре. Прочитав эту статью, Перельман понял, что Гамильтон нисколько не преуспел в преодолении главного препятствия — решении проблемы "перешейков" и "сигар". "Сначала 1992 года он, похоже, не продвинулся ни на йоту, — рассказал нам Перельман. — Возможно, он застрял еще раньше". Тем не менее Перельману казалось, что он знает, как обойти этот камень преткновения».
>
> *Сильвия Насер, Дэвид Грубер. Многообразная судьба. Легендарная проблема и битва вокруг ее решения*

Суть подхода состоит в том, что для геометрических объектов можно определить некоторое уравнение «плавной эволюции», похожее на уравнение ренормализационнои группы в теоретической физике. Исходная поверхность в ходе этой эволюции будет деформироваться и, как показал Перельман,

-86-

в конце концов плавно перейдет именно в сферу. Сила этого подхода состоит в том, что, минуя все промежуточные моменты, можно сразу заглянуть в бесконечность, в самый конец эволюции, и обнаружить там сферу.

Гипотеза Пуанкаре считалась одной из величайших математических загадок, а ее решение — важнейшим достижением в математической науке: оно моментально продвинет вперед исследования проблем физико-математических основ Мироздания. Виднейшие умы планеты прогнозировали ее решение лишь через несколько десятилетий, а Институт математики Клэя в Кембридже, штат Массачусетс, внес проблему Пуанкаре в число семи наиболее интересных нерешенных математических задач тысячелетия, за разгадку каждой из которых была обещана премия в один миллион долларов.

-87-

Гл. 3 Человек и ученый

«Наша жизнь есть то, что мы о ней думаем».

Марк Аврелий

«Наука наверняка погибла бы без поддержки трансцендентальной веры в истинность и реальность и без непрерывного взаимодействия между научными фактами и построениями, с одной стороны, и образным мышлением — с другой».

Герман Вейль. Философия математики и естественных наук

«Я полагаю, что, если где-то допустил ошибку и кто-то другой смог бы предложить корректное доказательство, опираясь на мои результаты, меня бы это только порадовало…

Если все честны, то обмен идеями — совершенно естественное явление».

Г. Я. Перельман

Сразу же после опубликования препринтов Перельмана специалисты приступили к проверке ключевых моментов его теории, и ни одной ошибки до сих пор не найдено. Более того, за прошедшие годы несколько коллективов математиков смогли впитать предложенные Перельманом идеи до такой степени, чтобы приступить к записыванию полного доказательства набело.

В 2006 году стали появляться работы, в которых был дан подробный вывод опущенных моментов в доказательстве Перельмана. Затем в «Азиатском математическом журнале» была опубликована 327-страничная статья китайских математиков, озаглавленная «Полное доказательство гипотез Пуанкаре и геометризации — приложение к теории Гамильтона — Перельмана о потоках Риччи». Сами авторы не претендуют на абсолютно новое доказательство, а лишь утверждают, что подход Перельмана действительно работает. Неожиданный поворот в

этой истории наступил после статьи китайских математиков Сипин Чжу и Хуайдун Цао под названием «Полное доказатель-

-88-

стр. отсутствует

-89-

стр. отсутствует

-90-

стр. отсутствует

-91-

важной задачи. Общение с Яу вселяло в него решимость и давало ему ясную цель».

Яу верил, что если бы ему удалось помочь доказать гипотезу Пуанкаре, то это было бы не только его личной победой, но и победой всего Китая. Однако американские журналисты открыто обвинили Яу в корыстных мотивах и предложили свое объяснение многим его действиям, включая последующие «антиперельмановские». Если верить этим авторам, со времени смерти Чэнь Шэньшэня, который многие десятилетия считался патриархом китайской математики, Яу воспылал желанием занять его место. Для этого он стал часто навещать Китай, каждый раз бурно выражая свои пламенные патриотические чувства, и предложил китайскому правительству свои услуги по воссозданию китайской математической школы. Получив нужные для этого средства, он действительно создал совершенно новый Математический институт в Пекине и с этого момента начал прилагать максимальные усилия, чтобы любой ценой прославить молодую китайскую математику, а также себя как ее руководителя. По мнению этих авторов, подталкивая Гамильтона к решению проблемы Пуанкаре, Яу тоже преследовал какие-то личные интересы.

Китайский математик вместе с учениками всячески пытался доказать свой приоритет в решении теоремы Пуанкаре и, кроме морального удовлетворения, пожать обильный урожай почестей и премий. Волнения начались в ноябре 2002 года, когда после шестилетнего научного молчания Перельман внезапно выложил на сайте arXiv, где математики и физики публикуют препринты своих статей, чтобы «застолбить» те или иные открытия, свою 39-страничную статью, в которой объявлял о найденном им доказательстве гипотезы Пуанкаре. (Если говорить точнее, статья излагала доказательство более широкого утверждения — так называемой «теоремы геометризации», которая содержала в себе теорему Пуанкаре как частный случай.)

-92-

Наконец, появился обширный обзор одного из главных

специалистов по данной проблеме — Джона Моргана, в котором автор по следам Перельмана приводит свое доказательство гипотезы Пуанкаре (а не более общей гипотезы геометризации), и, судя по всему, теперь уже можно с уверенностью считать, что гипотеза Пуанкаре окончательно доказана.

Не исключено, что в ближайшие годы доказательство Перельмана упростится, как это случилось с теоремой Ферма. Пока что видно лишь увеличение объема публикаций: от 30-страничных статей Перельмана до толстенного фолианта Моргана, но это связано не с усложнением доказательства, а с более подробным выводом всех промежуточных шагов.

Как бы то ни было, доказательство Перельмана зажило отдельной жизнью: три препринта не давали покоя математикам современности. Первые результаты проверки идей российского математика появились в 2006 году: крупные геометры Брюс Кляйнер и Джон Лотт из Мичиганского университета опубликовали препринт собственной работы, по размерам больше напоминающей книгу, — 213 страниц. В этой работе ученые тщательно проверили все выкладки Перельмана, подробно пояснив различные утверждения, которые в работе российского математика были лишь вскользь обозначены. Вердикт исследователей был однозначен: доказательство абсолютно верное.

В 1993 году Григорий Перельман получил право на двухгодичную стажировку в американском университете Беркли. Как раз в это время там читал цикл лекций Гамильтон. Одну из них он посвятил поиску решений проблемы Пуанкаре, подчеркнув при этом, что сам продолжает заниматься данным вопросом…

Все это очень заинтересовало молодого российского математика, и к концу первого года своей стажировки он уже написал несколько довольно оригинальных статей, вызвавших неподдельный интерес у профессионалов. В конце своей американской научной командировки Григорий Яковлевич получил сразу несколько лестных предложений по работе от ведущих мировых математических центров. При этом

-93-

все рекомендовавшие российского постдока отмечали, что Перельман обладал огромными способностями в решении задач и вместо того, чтобы годами конструировать сложную теоретическую базу или определять новые области для исследования, предпочитал концентрироваться на получении конкретных результатов. Между тем, несмотря на громадные технические сложности, вставшие у него на пути при решении задачи Пуанкаре в пространствах Александрова, для всех

специалистов было очевидно, что российский математик нашел какой-то необычный путь к этой задаче тысячелетия.

Появление Интернета наконец-то позволило Григорию Яковлевичу работать в столь ценимом им одиночестве, используя необъятные информационные массивы электронных данных. Так, Перельман много работал над свежими статьями Гамильтона и даже провел по ним несколько семинаров у себя в институте.

Опубликовано много сотен страниц пояснений и комментариев к двум препринтам Перельмана. Пока ошибок не найдено, и большинство экспертов склоняются к мысли, что задача действительно решена.

В мае 2006 года комитет из девяти членов Всемирного союза математиков постановил наградить Григория Перельмана за решение гипотезы Пуанкаре медалью Филдса, которая вручается за достижения в области математики один раз в четыре года. Григорий за ней не приехал. Церемония награждения в Мадриде 22 августа прошла без гения. Несмотря на то что его уговаривал прибывший в Питер президент Всемирного союза математиков Джон Болл, Перельман объяснил, что признание ему не нужно. Главное, что мировая математическая общественность уверилась в совершенной правоте представленных им доказательств. Правда, к медали полагалось еще и вознаграждение — порядка семи тысяч долларов, но оно выдается только членам Международного математического союза, а для вступления в эту престижнейшую организацию, кроме многих бюрократических формальностей, следует еще и внести весомый вступительный

взнос — около пяти тысяч долларов. Откуда же взялся пресловутый миллион?

Внушительный приз действительно существует. Но к медали Филдса прямого отношения не имеет. В 1998 году на средства миллиардера Лэндона Клэя в Кембридже (США) был основан Математический институт его имени для популяризации математики. 24 мая 2000 года эксперты института выбрали, по их мнению, семь самых головоломных проблем и назначили награду в миллион долларов за разгадку каждой. Список называется «Проблемы тысячелетия» и включает следующие пункты.

1. **Проблема Кука.**Нужно определить, может ли проверка правильности решения какой-либо задачи быть более длительной, чем получение самого решения. Эта логическая задача важна для специалистов по криптографии — шифрованию данных.

2. **Гипотеза Римана.**Существуют так называемые простые числа, например 2, 3, 5, 7 и т. д., которые делятся только сами на

себя. Сколько их всего, неизвестно. Риман полагал, что это можно определить и найти закономерность их распределения. Кто найдет, тоже окажет услугу криптографии.

3. **Гипотеза Берча и Свиннертон-Дайера.**Проблема связана с решением уравнений с тремя неизвестными, возведенными в степени. Нужно придумать, как их решать, независимо от сложности.

4. **Гипотеза Ходжа.**В XX веке математики открыли метод исследования формы сложных объектов. Идея в том, чтобы использовать вместо самого объекта простые «кирпичики», которые, склеиваются между собой и образуют его подобие. Нужно доказать, что такое допустимо всегда.

5. **Уравнения Навье— Стокса.**О них стоит вспомнить в самолете. Уравнения описывают воздушные потоки, которые удерживают его в воздухе. Сейчас их решают по приблизительным формулам. Нужно найти точные формулы и доказать, что в трехмерном пространстве существует решение, которое всегда верно.

-95-

6. Уравнения Янга— Миллса.В мире физики существует гипотеза: если элементарная частица обладает массой, то есть и ее нижний предел. Но какой — не понятно. Нужно до него добраться. Это, пожалуй, самая сложная задача. Для ее решения необходимо создать «теорию всего»: уравнения, объединяющие все силы и взаимодействия в природе. Тот, кто сумеет это сделать, вероятно, получит и Нобелевскую премию.

7. **Гипотеза Пуанкаре.**Любое замкнутое односвязное трехмерное пространство гомеоморфно трехмерной сфере.

Казалось бы, больше ничего не нужно: проверяйте доказательство и платите миллион. Однако одним из условий фонда Клэя была публикация результата в реферируемых изданиях, а этого Перельман почему-то делать не хотел. Он вообще старался (и до сих пор старается) избегать любых контактов с прессой. Создается впечатление, что приз Григория Яковлевича не интересует, а неразрывно связанная с ним слава — тяготит. Работы Перельмана положили начало интриге. В своих статьях он развил общую теорию и набросал ключевые моменты доказательства не только гипотезы Пуанкаре, но и гипотезы геометризации. Полного доказательства во всех деталях Перельман не представил, хотя утверждал, что обе гипотезы он доказал.

За доказательство гипотезы Пуанкаре Математический институт Клэя действительно присудил премию в миллион долларов, что может показаться удивительным: ведь речь идет об

очень частном, малоинтересном факте. На самом деле для математиков важны не столько свойства трехмерной поверхности, сколько факт трудности самого доказательства. В этой задаче в концентрированном виде сформулировано то, что не удавалось доказать с помощью имевшихся ранее идей и методов геометрии и топологии. Она позволяет как бы заглянуть глубже в тот пласт задач, который можно будет решить только с помощью идей нового поколения.

Сегодня уже можно уверенно утверждать, что эксперты мирового уровня после долгих лет всестороннего анализа подтвердили: Григорий Яковлевич Перельман доказал гипотезу, над которой лучшие умы бились ровно 100 лет.

-96-

Рис. *38.* Институт Клэя в Кембридже, штат Массачусетс

Итак, медаль Филдса была присуждена Григорию Перельману, но российский ученый отказался от премии, которой он, без сомнения, достоин. Насер и Грубер так описывают этот неожиданный поворот событий:

-97-

> «Болл планировал превратить очередной конгресс ММС в настоящее историческое событие. В работе конгресса должны были принять участие более трех тысяч математиков, король Испании Хуан Карлос дал согласие председательствовать на церемонии вручения наград. Информационный бюллетень ММС предсказывал, что конгресс останется в истории как "момент, когда гипотеза стала теоремой". Болл, полный решимости уговорить Перельмана принять участие в конгрессе, решил отправиться в Санкт-Петербург.
>
> Болл намеревался держать факт своего визита в тайне — имена лауреатов Филдсовской премии становятся известны только на церемонии вручения, поэтому конференц-зал, в котором он встретился с Перельманом, был безлюден. На протяжении десяти часов в течение двух дней Болл пытался уговорить Григория принять награду. Перельман, худощавый, лысеющий мужчина с курчавой бородой, густыми бровями и сине-зелеными глазами, вежливо слушал. Он не говорил по-английски в течение трех лет, но это не мешало ему очень точно и связно возражать на

аргументы Болла. Болл и Перельман в какой-то момент покинули конференц-зал и отправились в длинную прогулку по городу — любимый вид отдыха Перельмана. Две недели спустя Григорий подвел итог той встречи: "Он предложил мне три альтернативы: принять и приехать, принять и не приехать, в этом случае награда будет выслана позже, или отказаться. С самого начала я сказал ему, что выбираю третье". Филдсовская медаль, по словам Григория, его совершенно не интересовала. "Это не имеет никакого значения, — сказал он. — Всем понятно, что если доказательство верно, то никакого другого признания заслуг не требуется"».

«Григорий сказал мне, что чувствует себя изолированным от международного математического сообщества, вне этого сообщества, поэтому не хочет получать награду», —заявил на пресс-конференции в Мадриде президент Всемирного союза математиков англичанин Джон Болл. Как бы то ни было, но присуждение премии Клэя Перельману (даже если тот откажется) навсегда закрепило в общественном сознании факт: российский математик Григорий Перельман доказал гипоте-

зу Пуанкаре. И неважно, что на самом деле он доказал факт более общий, развив по пути совершенно новую теорию особенностей потоков Риччи.

Ходят слухи, что Григорий Перельман и вовсе собирается уйти из науки, полгода назад он уволился из родного Математического института им. В. А. Стеклова. Возможно, российский ученый считает, что, доказав знаменитую гипотезу, он сделал для науки все возможное. Впрочем, кто возьмется рассуждать о ходе мыслей столь яркого ученого и неординарного человека?.. От любых комментариев Перельман отказывается, а в одном из редких интервью он заявил: *«Ничто из того, что я могу сказать, не представляет ни малейшего общественного интереса».*Однако ведущие научные издания были единодушны в своих оценках, когда сообщили, что «Григорий Перельман, разрешив теорему Пуанкаре, стал в один ряд с величайшими гениями прошлого и настоящего».

Общаться с гением очень сложно даже хорошо знающим его людям, ведь он неоднократно подчеркивал, что свои ценности никому не навязывает и у него есть абсолютно все, что необходимо для жизни. Так же спокойно, если не сказать равнодушно, ученый прореагировал на многочисленные поздравления с присуждением приза тысячелетия, причем

категорически отказался обсуждать вопрос о миллионной премии.

…Единственное, в чем себе не отказывает математик, — это концерты классической музыки. Он любит ходить в филармонию и Мариинский театр. Правда, места берет преимущественно на галерке. И дело не только в стоимости билетов. По его словам, на третьем ярусе голоса слышны лучше всего. Очевидно, и на окружающий мир он смотрит со своей высоты.

Чтобы претендовать на приз Института Клэя, Григорию Яковлевичу Перельману нужно было всего лишь опубликовать свое решение в одном из научных журналов, и если в течение двух лет никто не сможет найти ошибку в его

-99-

вычислениях, то решение будут считать верным. Однако Перельман с самого начала отступил от правил, опубликовав свое решение на сайте препринтов Лос-Аламосской национальной научной лаборатории. Возможно, он опасался того, что в его расчеты вкралась ошибка, — подобная история уже происходила в математике. Официальной публикации доказательства гипотезы Пуанкаре нет до сих пор, зато есть авторитетные мнения лучших математиков планеты, подтверждающие верность расчетов Перельмана.

Присуждение премии Григорию Перельману еще раз подтверждает высокий класс российской математической школы, считает директор Математического института им. В. А. Стеклова РАН Валерий Васильевич Козлов, академик, вице-президент Российской академии наук, заведующий кафедрой дифференциальных уравнений механико-математического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова: *«В нашем институте Григорий сделал важные работы, которые в совокупности позволили доказать знаменитую гипотезу Пуанкаре в трехмерной сфере. Гипотеза Пуанкаре — это старая задача, над которой работало много выдающихся математиков, топологов. Многие пытались ее решить; американские математики шли к решению этой проблемы. В итоге точку поставил именно Григорий Перельман. Это, конечно, замечательнейший результат. Поскольку он в это время работал в Санкт-Петербургском отделении Математического института им. В. А. Стеклова, то эта работа сделана именно в Российской академии наук.*

Жаль, конечно, что он выбрал для себя такой странный стиль поведения, достигнув мирового успеха. Ему ведь только перевалило за сорок лет, и, как говорится, вся творческая жизнь еще впереди. Поэтому очень хочется верить и надеяться, что он еще вернется в математическую науку и много раз заставит удивляться и

восхищаться весь математический мир!»

Гениальность — это, безусловно, аномалия со знаком «плюс». На самом деле звания «гений» в мире достойны все-

-100-

го несколько сотен человек. Остальных знаменитых ученых, великих музыкантов, артистов и писателей можно назвать людьми с выдающимися способностями, уникумами, талантами и т. д. Гений же — «товар» штучный, причем еще и потому, что сам предпочитает скрывать свои секреты вольно или невольно.

Психологи давно утверждают, что есть средний уровень развития интеллекта, который можно повышать за счет работоспособности, обучения и постоянного пополнения знаний, но вспышки вдохновения, волшебного момента озарения так никогда и не *достичь. При этом*одаренным (в своей области) можно назвать едва ли не каждого жителя Земли. Просто кто-то эти способности пытается развивать, другой учится, но не там и не тому, а третий в силу определенных факторов и вовсе не пытается ничего изменить.

При этом настоящий гений — уникум — зачастую не только не хочет, но и не может рассказать о том, как именно его осеняет, почему именно он и никто другой вдруг становится тем избранным, кому дано открыть новые знания.

По утверждению одних экспертов, что гении сознательно скрывают свои секреты. По другим версиям, избранность тяготит самих гениев, они, условно говоря, и сами не рады своим уникальным способностям. В мировой истории существуют тысячи свидетельств того, как гении мучительно пытаются понять, как они «дошли до такой жизни».

Может быть, именно поэтому многие великие ученые и творцы уставали не только от суеты, толпы, но и от самих себя, и старались скрываться от всего мира.

Не случайно Сократ предпочел толпе последователей пещеру, а многие другие великие были готовы переключить внимание со своих талантов на что-то более спокойное и привычное для обывателя. В любом случае они старались отгородиться от мира реальной или надуманной стеной.

Впрочем, возможны и иные варианты: гению настолько неинтересна суета, обыденность (даже со всеми плюсами,

-101-

которые приносит общество), что он просто не желает опускаться до уровня толпы.

Рис. 39. Один из вариантов визуализации топологических преобразований Перельмана при решении задачи Пуанкаре

> «В 2003 году Перельман поехал в США и прочел там серию лекций, посвященных доказательству теоремы, после чего вернулся в Санкт-Петербург. С тех пор все его контакты с коллегами, не считая переписки по электронной почте, были сведены к минимуму. По неизвестным причинам Перельман даже не предпринял попыток опубликовать свою статью. Несмотря на это, практически никто не сомневался, что ученый, которому 13 июня 2006 года исполнилось 40 лет, по праву заслуживал медаль Филдса».
>
> *Сильвия Насер, Дэвид Грубер. Многообразная судьба. Легендарная проблема и битва вокруг ее решения*

Многие ученые придерживаются мнения, что гениальность является следствием серьезного расстройства психики. Итальянский психиатр Ломброзо построил на этом целую теорию, известную как «гениальность и помешательство».

Согласно этой теории, у многих гениев наблюдались характерные признаки некоторых психических отклонений:

-102-

повышенный эгоцентризм, гипертрофированное чувство собственного достоинства, чрезмерная последовательность в любых, даже очень нестандартных действиях.

Коллега Григория Перельмана доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Санкт-Петербургского отделения Математического института им. В. А.

Стеклова РАН Анатолий Моисеевич Вершик размышляет: *«Возьмет ли Перельман миллион или откажется от него? Этот вопрос заслонил содержательную сторону событий, и вряд ли он представляет то, к чему стремились устроители призов Института Клэя. Публику интересует вовсе не проблема, решения которой так долго ждали математики, не то, что произойдет теперь в науке, — это слишком трудно понять, почти недоступно — и даже не сама личность Я. Г. Перельмана, а именно судьба денежного приза.*

Этот ажиотаж и суета… свидетельствуют о том, что подобный способ пропаганды математики ущербен, он не популяризирует науку, а, наоборот, вызывает у людей недоумение или нездоровый интерес. И я не думаю, что эти страсти объясняются только особенностями поведения сегодняшнего героя, которые, конечно, обостряют эти эмоции; дело глубже».

По его мнению, вопрос в том, нужен ли математике такой «площадный» интерес: *«Был бы подобный резонанс, если бы не было пышного объявления о премии Клэя? Наверное, нет. Решение Великой проблемы Ферма Вайлсом в 1996 году не вызвало такого бума, и не потому, что проблема не столь значима, как проблема Пуанкаре».*

*«Объяснение состоит в том, что слишком тесно увязаны мало совместимые вещи: серьезный научный результат и миллион, вылезающий на первый план», —*подчеркнул А. Вершик.

Вместе с тем, оценивая уже в 2010 году научный вклад коллеги, он заметил, что достижение Г. Перельмана, безусловно, выдающееся событие в науке: *«Оно подтвердило еще раз то замечательное обстоятельство, что действительно*

-103-

трудные и ключевые проблемы никогда не решаются только средствами той науки, в терминах которой они сформулированы. Гипотеза Пуанкаре и более общая гипотеза Терстона о геометризации трехмерных многообразий, которую также ("заодно") доказал Перельман, — суть чисто топологические проблемы…

Были многочисленные и неудавшиеся попытки их доказать, в частности весьма крупными математиками, топологическими средствами. Возможно ли такое доказательство — и сейчас неизвестно, эти попытки продолжаются. Совсем недавно я получил письмо от одного серьезного математика, в котором он пишет о своей работе такого плана…

Перельман использовал новый подход, который можно назвать динамическим: исследовалось, что может произойти с многообразием в процессе его "естественной" эволюции. Здесь

сыграла свою роль инициатива другого американского математика Р. Гамильтона, который в 1980-х годах предпринял такую попытку и получил ряд результатов, однако они не решали главных и труднейших проблем, которые с блеском разрешил Перельман».

В заключение своего комментария математик заметил, что *«помимо огромной пробивной силы таланта Перельмана… здесь сыграла роль и традиция, характерная для некоторых наших (российских) математических школ (в данном случае геометрической школы А. Д. Александрова): стремиться рассматривать задачу в широком контексте, использовать методы смежных областей, обнаруживать универсальный характер изучаемых явлений».*

По мнению ученого, *«уже сейчас видно, что данная работа Г. Перельмана окажет огромное влияние на разные ветви математики и, возможно, теоретической физики. Работы (пока не в России, в основном в США) на эту тему уже начали появляться».*

В рейтинге гениев современности, по версии газеты «Дейли Телеграф», Григорий Перельман находится на 9-м месте. Кроме него, там еще два россиянина — Гарри Каспаров, мно-

-104-

гократный чемпион мира по шахматам, и Михаил Калашников, создатель стрелкового оружия.

Тут самое время вспомнить слова Германа Вейля, сказанные им в «Философии математики и естественных наук»: *«Насколько убедительнее и ближе к фактам эвристические аргументы и последующие систематические построения в общей теории относительности Эйнштейна или в квантовой механике Гейзенберга — Шредингера. Подлинно реалистическая математика наряду с физикой должна восприниматься как часть теоретического описания единого реального мира и по отношению к гипотетическим обобщениям своих оснований занять такую же трезвую и осторожную позицию, какую занимает физика».*

-105-

Часть 3. Чудо парадоксального Мироздания

-106-

«Я убежден в том, что числа и функции анализа не являются произвольным продуктом нашего духа. Я верю, что они лежат вне нас с той же необходимостью, как предметы объективной реальности, а мы обнаруживаем или открываем и исследуем их так же, как это делают физики, химики и зоологи».

Шарль Эрмит

«Это центральная проблема математики и физики — попытка понять, какой формы может быть Вселенная, и к ней очень трудно приступить. Многие публиковали ошибочные решения данной задачи, а одержимость ею, овладевшую несколькими великими математиками, даже прозвали пуанкаритом. Но Перельман, похоже, добился успеха там, где многие потерпели фиаско. Мне кажется, что сегодня его аргументация убедила большинство сомневающихся и вопрос решен окончательно».

Найджел Хитчин, профессор математики в Оксфорде

Конечно, мимо феноменальных результатов теоремы Пуанкаре — Перельмана не могли пройти физики-теоретики и философы-метафизики. Они сразу же начали искать скрытый смысл в поражающих воображение топологических превращениях, так напоминающих скручивание пространства-времени в чудовищных гравитационных полях. И вскоре начали появляться первые гипотезы о том, что же реальное может отражать в данном случае чудесное зеркало математической абстракции…

На протяжении XX века научные теории все больше концентрировались на прагматическом предсказании и управлении, а не на достоверном описании или объяснении природы. Практика внедрения результатов научных исследований показывает, что доминирующие теории могут изменяться самым

непредсказуемым образом, а фундаментальные достижения науки прошлых лет нередко приходится отвергать как ложные. Это значит, в любой момент надо быть готовым, что и на смену сегодняшней науке придет радикально новая, более плодотворная концепция.

-107-

Например, для физиков реальность не могла оставаться прежней после научной революции в начале XX века, когда микромир перешел во власть квантовой механики, а окружающая нас реальность оказалась пространственно-временным континуумом, управляемым релятивизмом. Согласно квантово-механической теории, служащей ныне фундаментом для множества современных технологий, энергия имеет дискретную природу, частицы могут быть волнами, объект может одновременно находиться в нескольких местах, пока кто-то не попытается измерить его параметры. Эти факты известны давно, тем не менее наука так и не смогла дать им удовлетворительных объяснений, доступных пониманию на уровне бытового реализма. Другим поводом для серьезных беспокойств остается по-прежнему неразрешенная несовместность двух важнейших физических теорий — квантовой теории, описывающей микромир, и общей теории относительности, описывающей макромир в терминах гравитации.

В сложностях с определением реализма немаловажен еще и такой аспект: очень многое из того, чем сегодня занимаются физики, является продуктом их же собственных теорий. По замечанию, сделанному когда-то Робертом Оппенгеймером, специфика исследований заставила ученых «пересмотреть соотношение между наукой и здравым смыслом, заставила нас признать: хотя мы и говорим на каком-то определенном языке и используем определенные концепции, отсюда вовсе не обязательно следует, что в реальном мире имеется что-то, этим вещам соответствующее» (Р. Оппенгеймер. Летающая трапеция. Три кризиса в физике).

Наконец, нельзя исключать, что новейшая, наиболее плодотворная концепция реальности не станет отменять предшествующие, противоречащие друг другу теории, а органично из них прорастет, объединив лучшее, освободившись от ложного и попутно объяснив многое из того, что прежде было совершенно непостижимо, а потому просто игнорировалось.

В своей замечательной монографии «Философия математики и естественных наук» выдающийся математик прошлого века Герман Вейль высказывает следующее мнение:

-108-

«В природе существует внутренне присущая ей скрытая гармония, отражающаяся в наших умах в виде простых математических законов. Именно этим объясняется, почему природные явления удается предсказывать с помощью комбинации наблюдений и математического анализа. Сверх всяких ожиданий убеждение (я бы лучше сказал — мечта!) в существовании гармонии в природе находит все новые и новые подтверждения в истории физики».

Как же связаны сверхабстрактные построения российского математика с новым образом окружающей нас физической реальности?

Сразу же следует указать, что больше всего формулировки новой теоремы Пуанкаре — Перельмана обсуждаются физиками-теоретиками, связанными с созданием новых сценариев эволюции Вселенной. Здесь на передний план выходит уникальная научная дисциплина, в правомерности существования которой еще сравнительно недавно многие исследователи просто сомневались, — квантовая космология.

стр. отсутствует?

-110-

стр. отсутствует

-111-

помнить, что привычный нам образ взрыва здесь глубоко условен) до сих пор в полной мере являются самыми жгучими тайнами нашего Мироздания. Подробности современных представлений о Большом Взрыве читатели могут найти в книге автора, которая так и называется — «Большой Взрыв», а пока давайте задумаемся, почему именно астрономы-космологи и физики-теоретики с таким неослабевающим вниманием следят за новыми находками математиков. В общем, это понятно, ведь гордые заявления физиков-экспериментаторов о том, что им удалось смоделировать Большой Взрыв, столкнув пару атомных ядер в ускорителе элементарных частиц, являются лишь красивой метафорой. Ведь иначе некий новый ускоритель, скажем, на порядок более мощный, чем знаменитый Большой адронный коллайдер, просто превратится в генератор новых миров! Абсурд подобного очевиден каждому, ведь наша неистовая Вселенная, о которой нам пока известно ничтожно мало, обладает неисчислимым количеством естественных колоссальных по энергии «ускорителей», в которых каждое мгновение сталкиваются ядра и атомы. Однако пока еще никто из астрономов не наблюдал космического проявления подобных процессов.

Ничто так не раздражает ученых, как неведение в фундаментальных вопросах, поэтому не следует удивляться обилию гипотез о нулевой точке творения Мироздания. Чаще всего можно услышать мнение, что зародышем Вселенной стала некая «квантовая сингулярность», которая дала начало и пространству, и времени, и материи. Что такое «квантовая сингулярность», объяснить очень трудно. Недаром еще великий Ричард Фейнман смело утверждал, что квантовой механики толком никто не понимает. Можно, конечно, придумать очень отдаленный и топорный, но все же наглядный пример. Представьте себе безбрежный космический океан, наполненный перенасы-

-112-

щенным жидким раствором. В него попадает неизвестно откуда взявшаяся микроскопическая пылинка квантовой флуктуации. Мгновенно происходит своеобразный фазовый

переход, и вся безбрежная волнующаяся поверхность протоматерии превращается в не менее безбрежную твердую поверхность уже привычного нам Мира. Незабываемый художественный образ подобного явления создал в своем культовом научно-фантастическом романе «Колыбель для кошки» Курт Воннегут. Вообще-то, физические детали этого процесса, как более или менее надежно установленные, так и гипотетические, излагаются в сотнях и тысячах популярных книг и статей.

Наблюдения за Вселенной показывают, что и на самых больших масштабах она со временем эволюционирует. Если на основе современных теорий проследить эту эволюцию назад во времени, то окажется, что наблюдаемая ныне часть Вселенной была раньше горячее и компактнее, чем сейчас, а начало ей дал Большой Взрыв — некий процесс возникновения Вселенной из сингулярности — особой ситуации, для которой современные законы физики неприменимы.

Физиков такое положение вещей не устраивает, им хочется понять и сам процесс Большого Взрыва. Именно поэтому сейчас предпринимаются многочисленные попытки построить теорию, которая была бы применима и к этой ситуации. Поскольку в первые мгновения после Большого Взрыва самой главной силой была гравитация, считается, что достичь этой цели возможно только в рамках пока гипотетической квантовой теории гравитации.

Одно время физики надеялись, что квантовая гравитация будет описана с помощью теории суперструн, но недавний кризис суперструнных теорий поколебал эту уверенность. В такой ситуации больше внимания стали привлекать иные подходы к описанию квантово-гравитационных явлений и, в частности, петлевая квантовая гравитация.

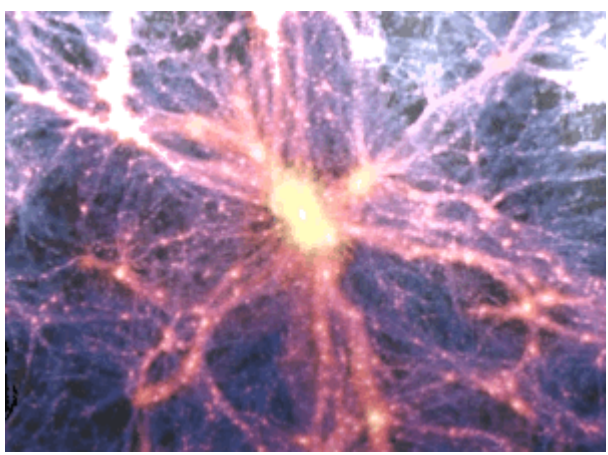


Рис. 41. Новорожденная Вселенная

Для однородных и изотропных вселенных возможны лишь три случая, соответствующие отрицательной, нулевой или положительной кривизне. Они приводят соответственно к открытому пространству (отрицательная кривизна), евклидову пространству (нулевая кривизна) и замкнутому пространству (положительная кривизна). Все эти решения начинаются со Вселенной, сосредоточенной в точке. Эта точка и является решением уравнения Пуанкаре — Перельмана при обратном процессе стягивания нашего Мира в первичную сингулярность.

Именно в рамках петлевой квантовой гравитации недавно был получен очень впечатляющий результат, который оказался неразрывно связан с топологией первичного пространства и, следовательно, с выводами теоремы Пуанкаре — Перельмана. Оказывается, из-за квантовых эффектов начальная сингулярность исчезает. Большой Взрыв перестает быть особой точкой, и удается не только проследить его протекание, но и заглянуть в то, что было до Большого Взрыва. Петлевая квантовая гравитация принципиально отличается от обычных физических теорий и даже от теории суперструн. Похоже, что уже скоро физики-теоретики с помощью преобразований Перельмана смогут продемонстрировать нам электронные модели (в виде своеобразных электронных анимаций) рождения нашего Мира из того, что ему предшествовало.

-114-

Объектами теории суперструн, например, являются разнообразные струны и многомерные мембраны, которые, однако, летают в заранее приготовленном для них пространстве и времени. Вопрос о том, как именно возникло это многомерное пространство-время, в такой теории не решить.

Рис. 42. Наглядная история Большого Взрыва

«Только в одном случае можно получить последовательную научную теорию: если законы физики справедливы всегда,

-115-

включая начало Вселенной. Можно воспринимать это как триумф принципа демократии. Почему законы природы для начальной Вселенной должны отличаться

от законов природы, действующих в других точках? Если все точки эквивалентны, то среди них не может быть более эквивалентных, чем остальные».

Стивен Хокинг. Природа пространства и времени. Квантовая космология

В петлевой теории гравитации главными объектами являются маленькие квантовые ячейки пространства, соединенные друг с другом определенным способом. Законом соединения и их состоянием управляет некое существующее в них поле, величина которого является для ячеек своеобразным внутренним временем: переход от слабого поля к более сильному выглядит так, как если бы было какое-то «прошлое», которое бы влияло на какое-то «будущее». Этот закон устроен так, что для достаточно большой Вселенной с малой концентрацией энергии (то есть далеко от сингулярности) ячейки как бы сплавляются друг с другом, образуя привычное нам сплошное пространство-время.

Многие космологи и астрофизики утверждают, что этого уже достаточно для решения задачи о том, что происходит со Вселенной при приближении к сингулярности. Решения полученных ими уравнений показали, что при экстремальном сжатии Вселенной пространство «рассыпается», ведь квантовая геометрия не позволяет уменьшить его объем до нуля, и неизбежно происходит остановка и вновь начинается расширение. Эту последовательность состояний можно отследить как вперед, так и назад во времени, а значит, в этой теории до Большого Взрыва с неизбежностью присутствует Большой коллапс предыдущей Вселенной.

Далее мы остановимся на обсуждении одной из наиболее привлекательных рабочих гипотез современной космологии, в рамках которой проблема Большого Взрыва — проблема начала расширения Вселенной — приобретает вполне законченные контуры. Оригинальные идеи, сформулированные в работах выдающихся физиков Д. Уилера, С. Хокинга,

Я. Б. Зельдовича, А. Д. Сахарова, А. Д. Линде, А. А. Старобинского и др., сводятся к тому, что наша Вселенная — это гигантская флуктуация топологии более общего суперпространства, связанного с вакуумным состоянием физических полей.

Свойства этого состояния должны радикально отличаться от свойств обычного пространства-времени. Его размерность не обязательно должна равняться трем пространственным и одной

временной координатам. Более того, вакуум как основное состояние материи характеризуется нулевыми физическими зарядами, следовательно, не существует и классического прибора, способного зафиксировать какую-то упорядоченность событий, а значит, не существует и самих понятий пространства и времени, как, впрочем, и причинности.

Наконец, будучи сугубо квантовым объектом, вакуум физических полей флуктуирует, порождая топологические аномалий, которые рождаются и гибнут. Внутри каждой оболочки такой аномалии можно ввести понятие собственного времени, направление которого фиксирует эволюцию материи внутри от момента рождения и до коллапса. Подавляющая доля таких аномалий имеет время жизни, сравнимое с планковским временем, и внешне проявляет себя как замкнутые миниатюрные вселенные. Такое своего рода «кипение» вакуума — рождение и гибель виртуальных вселенных — является обобщением на гравитацию хорошо известного в квантовой физике эффекта поляризации вакуума: рождения и гибели виртуальных пар частица — античастица.

Однако применительно к нашей Вселенной планковское время, типичное для виртуальных мини-вселенных, оказывается почти на 60 порядков меньше современного возраста галактик. Что же задержало наш Мир от мгновенного коллапса?

Вот тут на помощь физикам-теоретикам и приходят математики-топологи, предполагающие, что миры нашего типа являются своеобразными геометрическими

аномалиями, выраженными в решениях теоремы Пуанкаре — Перельмана. Из этого можно сделать вывод (для этого понадобится несколько десятков страниц формул), что первично устойчивое состояние вакуума в результате флуктуации топологии стало неустойчивым по отношению к нашей Вселенной. Это состояние с определенной долей вероятности может привести к тому, что внутри геометризированной оболочки аномалии вакуум начинает изменять свои свойства, стремясь к новому устойчивому пределу. Такой процесс топологической перестройки вакуума, описываемый математической моделью Перельмана, должен, по идее, сопровождаться гигантским выделением энергии, в результате чего новообразованная Вселенная и начинает расширяться с колоссальной скоростью.

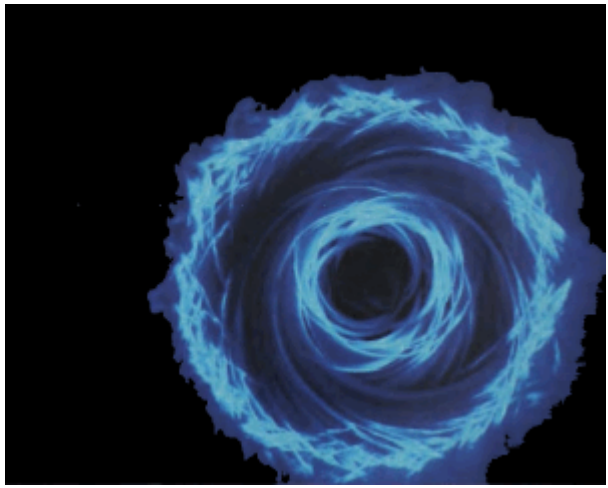


Рис. 43. Первичные топологические флуктуации метрики пространства-времени

> «Сотни лет научных исследований показали, что математика обеспечивает мощный и острый язык для анализа Вселенной. На самом деле история современной науки насыщена примерами, в которых математика делала предсказания, которые

> казались противоречащими как интуиции, так и ощущениям (что Вселенная содержит черные дыры, что Вселенная имеет антиматерию, что удаленные частицы могут быть запутанными и так далее), но которые в конце концов эксперименты и наблюдения смогли подтвердить. Такие разработки сами по себе оставили глубокий след в культуре теоретической физики. Физики пришли к осознанию, что математика, когда она используется обоснованным образом, является проверенной дорогой к истине».
>
> *Брайан Грин. Ткань космоса: Пространство, время и структура реальности*

Чудо вселенского взрыва ложного вакуума (в отличие от окружающего нас настоящего физического вакуума) очень трудно описать в привычных представлениях, и здесь снова приходят на

помощь топологические построения российского математика. Главное, что получил Григорий Перельман, — это самодостаточный образ гладко расширяющегося Мироздания: без разрывов пространства, воронок, уходящих в иные измерения, и вздутий «вырожденных» миров. Таким образом, похожие решения теоремы Пуанкаре — Перельмана будут описывать именно нашу Вселенную как Мир без трещин пространства-времени и лакун иных измерений.

Естественно, грандиозность масштаба такого взрыва, его обусловленность квантово-гравитационными свойствами пространства-времени, лежащими за пределами современной классической физики, могут вызвать определенный скепсис по отношению к обсуждаемой гипотезе.

Большинство авторов новейших гипотез Мультивселенной строят свои рассуждения на базе очень красивой модели Большого Взрыва, предложенной в 1980 году Аланом Гутом и вскоре серьезно модифицированной Андреем Линде, Полом Стейнхардтом и Андреасом Альбрехтом. Согласно этому сценарию, в самом начале своего существования наша Вселенная испытала кратковременное, но чрезвычайно быстрое расширение, в ходе которого ее размеры росли пропорционально экспоненциальной функции времени.

-119-

Эта стадия эволюции Космоса называется инфляционной (от англ. *inflation* —раздувание), поэтому все направление называют инфляционной космологией.

По современным представлениям инфляция началась через 10^{-43} секунды после образования сингулярности Большого Взрыва. Знаменитый исследователь космологических парадоксов И. Д. Новиков так характеризовал временные окрестности этой удивительной точки космической эволюции в своей книге «Куда течет река времени?»:

«Что было до сингулярности? Было ли сжатие всего вещества и текло ли обычное время или нет?

Окончательного ответа на эти вопросы пока нет. Но большинство специалистов считают, что никакого сжатия не было и космологическая сингулярность является истоком реки времени в том смысле, как сингулярность в черных дырах является концом "ручейков времени". Это означает, что в космологической сингулярности время тоже распадается на кванты, и, возможно, сам вопрос: "Что было до того?" теряет смысл.

Здесь у исследователей пока очень много неясностей. Вероятно, вблизи сингулярности, в масштабах квантов времени и пространства… существует своеобразная "пена" квантов

пространства-времени, как говорят, происходят квантовые флуктуации пространства и времени. Рождаются и тут же исчезают маленькие виртуальные замкнутые миры и виртуальные черные и белые дыры. Это микроскопическое "кипение" пространства-времени в некотором отношении аналогично рождению и умиранию виртуальных частиц…

…При рассматриваемых больших энергиях в очень малых масштабах, возможно, пространство имеет не три, а больше измерений. Эти дополнительные измерения так и остаются скрученными, "скомпактифицированными". А в трех пространственных измерениях Вселенная расширяется, превращаясь в "нашу Вселенную"…

С сегодняшней точки зрения мы должны сказать, что время в сингулярности в корне меняет свои свойства и на-

чало расширения мира есть исток нашего непрерывного потока времени…

…Здесь пространство-время… представляет собой "дышащую пену" из возникающих и тут же пропадающих черных и белых дыр, очень маленьких замкнутых мини-вселенных и еще более сложных топологических структур…

…В возникающих из нее "пузырях" происходят квантовые флуктуации, и в то же время они раздуваются из-за гравитационного отталкивания вакуумноподобного состояния, которое там имеется. Большая часть объемов пузырей из-за флуктуаций тут же возвращается в состояние "пены". В малой же части объема продолжается раздувание, сопровождающееся квантовыми флуктуациями плотности вакуумноподобного состояния. Очень малая доля первоначального объема после длинной цепочки случайных флуктуаций может существенно уменьшить свою плотность. Теперь амплитуда квантовых флуктуаций не так велика, как раньше. Эти объемы продолжают систематически раздуваться… превращаясь после распада вакуумноподобного состояния в горячие вселенные…

В одной из таких вселенных мы и находимся».

На этом этапе существовал только физический вакуум, первичное скалярное поле, параметры которого сильно менялись из-за квантовых флуктуаций (этот загадочный субстрат образно называют пространственно-временной пеной). Для определенности будем говорить только об одном-единственном поле, хотя в более реалистичных моделях это ограничение отброшено. Какая-то из флуктуаций привела к тому, что интенсивность поля достигла острого локального пика, после чего стала спадать. Этот скачок как раз и создал условия для

выхода на инфляционный режим. В итоге возник молниеносно расширяющийся объем с первоначальным диаметром 10^{-33}см, который и стал зародышем нашей Вселенной.

Инфляция прообраза нашего Мира была чрезвычайно кратковременной, менее 10^{-34}секунд. За это ничтожно

-121-

малое время его поперечник неизмеримо вырос и Вселенная приобрела макроскопические размеры. Далее она эволюционировала в соответствии с моделью Фридмана, в которой скорость расширения приблизительно пропорциональна квадратному корню из средней плотности материи и потому постепенно падает. Когда возраст Вселенной достиг 6,5 миллиарда лет, на смену фридмановскому режиму пришла эволюция иного рода, первую модель которой в 1917 году построил голландский астроном Биллем де Ситтер. Темп расширения не только перестал падать, но, напротив, начал возрастать, что мы сегодня и наблюдаем.

На этапе инфляции, когда интенсивность скалярного поля дошла до минимума и стабилизировалась, окончательно сформировался тот набор фундаментальных физических законов, которые управляют поведением вещества и излучения в нашем Мире. При подходе к минимуму скалярное поле быстро осциллировало, рождая элементарные частицы. В результате к концу инфляционной фазы Вселенная уже была наполнена горячей плазмой, состоящей из свободных кварков, глюонов, лептонов и высокоэнергетичных квантов электромагнитного излучения. Очень важно, что обычных (естественно, с нашей точки зрения) частиц было чуть больше, нежели античастиц. Эта разница была микроскопической, порядка стотысячных долей процента, но все же не нулевой. В результате, когда Вселенная охладилась настолько, что излучение перестало рождать новые частицы, вся антиматерия исчезла в процессе аннигиляции. Через тридцать микросекунд после Большого Взрыва кварки и глюоны сконденсировались в протоны и нейтроны, а где-то на десятой секунде наступила эра первичного нуклеосинтеза, то есть возникновения композитных ядер гелия, дейтерия и лития.

Очень поэтично описал подобную картину академик Новиков: *«Можно сказать, что происходит вечное рождение Вселенной из флуктуаций (или, если угодно, рождение*

-122-

многих вселенных), вечное воспроизводство Вселенной самой себя. У такого мира в целом нет начала и не будет конца. Он вечен и юн одновременно. Это — картина взрывающейся Вечности.

При рождении новых мини-Вселенных из вакуумной пены,

происходят, вероятно, изменения, или, как говорят, флуктуации всех физических параметров, включая изменение размерности пространства и времени и флуктуации самих физических законов.

Итак, возможно, природа пыталась несчетное число раз создавать вселенные с самыми разными свойствами. Мы живем в наиболее удачном (для нас) экземпляре этого вечного творения. В нашей Вселенной физические условия оказались наиболее подходящими для возникновения жизни».

В середине 1980-х годов видный космолог А. Д. Линде выдвинул теорию вечной инфляции, которая предполагала, что квантовые флуктуации, подобные тем, которым мы обязаны существованием нашего мира, могут возникать самопроизвольно и в любом количестве, если для этого есть подходящие условия. Они способны давать начало инфляционным процессам, в ходе которых рождаются все новые и новые вселенные. Не исключено, что и наше Мироздание вышло из флуктуационной зоны, сформировавшейся в мире-предшественнике. Точно так же можно допустить, что когда-нибудь и где-нибудь в нашей собственной Вселенной возникнет флуктуация, которая «выдует» юную Вселенную совсем другого рода, тоже способную к космологическому «деторождению». Можно даже пойти дальше и построить модель, в которой инфляционные вселенные возникают непрерывно, отпочковываясь от своих родительниц и находя для себя собственное место. В одной из своих последних статей А. Д. Линде пишет, что Космос состоит из множества раздувающихся шаров, которые дают начало таким же шарам, а те, в свою очередь, рождают подобные шары в еще больших количествах. Так продолжается до бесконечности.

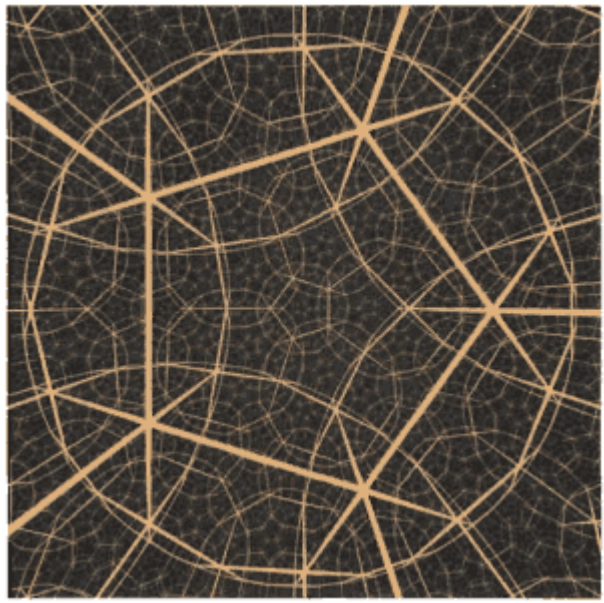


Рис. 44. Инфляционная экспансия в представлении многообразия Пуанкаре — Перельмана

Как же «геометрически» взорвался наш Мир? Современные космологи чаще всего приводят довольно странную модель первичного взрыва отрицательного давления поля инфлатона. Неким, пока еще до конца не ясным образом в самом начале Большого Взрыва возникло гигантское гравитационное отталкивание, которое буквально принялось оттаскивать каждый регион пространства друг от друга. На языке космологов это звучит так: инфляционная экспансия раздула Вселенную до ее современных размеров. Любопытно, что в этой сугубо умозрительной модели за невообразимо краткий планковский миг времени — что-то около 10^{-35}секунд — нечто ничтожно малое трансформировалось в неохватно большое, превратив элементарную частицу в Метагалактику. Вот здесь космологам и требуются построения Григория Яковлевича Перельмана, ведь именно топология пространства-времени вместе с потенциальной энергии инфляционного поля и определяет численный масштаб расширения Вселенной как некий фактор «континуальной экспансии» в 10^{30}, 10^{50}или даже в 10^{100}раз. С любой точки зрения это потрясающие числа, ведь даже самый минимальный фактор расширения в 10^{30}раз означает, что крупная молекула в планковское

мгновение ока вдруг превратилась в гигантскую галактику

вроде нашего Млечного Пути, и все это за временной интервал, который меньше, чем миллиардная миллиардной миллиардной доли от мигания глаза. Для сравнения: даже этот минимальный фактор расширения в миллиарды миллиардов раз больше расширения, которое могло бы возникнуть, соответствуя стандартной теории Большого Взрыва за тот же самый временной интервал, и это превышает полный фактор расширения, который возник в целом за 14 миллиардов лет!

Спонтанные флуктуации скалярного поля, запускающие инфляционный процесс, могут случаться в неодинаковых формах. Это означает, что «холодные» постинфляционные вселенные отнюдь не копируют друг друга. Речь идет даже не о том тривиальном различии, что они могут развиваться из разных начальных условий и потому эволюционировать по-разному. Вполне допустимо, что в них устанавливаются различные физические законы (или, как частный случай, одни и те же законы, но с различными значениями фундаментальных констант — скорости света или постоянной тонкой структуры). Теория струн, о которой неоднократно упоминалось, позволяет считать, что эти вселенные необязательно обладают лишь тремя пространственными осями, число измерений может быть и другим.

Спонтанные квантовые флуктуации первичного скалярного поля приводят к возникновению областей космологического масштаба, которые в совокупности и составляют Мультивселенную. Флуктуация рождает данный регион и выступает в качестве его затравочного Большого Взрыва.

Существование инфляционной Мультивселенной можно подкрепить и аргументами, выходящими за рамки физики и космологии. Вероятно, самый известный сегодня сторонник такого подхода — Мартин Рис, профессор космологии и астрофизики Кембриджского университета. Логика его рассуждений примерно такова. Природа случайным образом рождает множество параллельных миров, которые служат для нее своеобразным полем для экспериментов по созданию жизни. Возникла жизнь на небольшой планете, обращающейся

вокруг рядовой звезды одной из рядовых галактик именно нашего мира по той простой причине, что этому благоприятствовало его физическое устройство. Другие миры Мультивселенной в своем абсолютном большинстве для жизни приспособлены плохо и потому мертвы, если не пусты.

Мартин Рис для простоты предполагает, что в различных мирах действуют одни и те же физические законы, но значения

основных констант в них не одинаковы. Он характеризует состояние каждой отдельной Вселенной набором из шести параметров. Оказывается, что в нашей Вселенной их величины укладываются в чрезвычайно узкие границы, создающие коридор, который ведет к возникновению жизненных форм.

Первый параметр — это интенсивность ядерных сил в постинфляционную эпоху. Будь она чуть-чуть поменьше, композитные ядра просто не могли бы возникнуть; будь побольше — на стадии первичного нуклеосинтеза практически весь наличный водород пошел бы на образование гелия.

Второй параметр — гравитация. Если бы она была слабее, первичные газопылевые туманности не могли бы конденсироваться в плотные скопления вещества, дающие начало звездам; в противном случае звезды сгорали бы так быстро, что жизнь не успела бы возникнуть.

Третий параметр — отношение средней плотности вещества и энергии к тому значению, которое разделяет открытые и закрытые космологические модели. Для нашей Вселенной это значение с очень высокой степенью точности равно единице, причем таким оно было уже через секунду после Большого Взрыва (кстати, инфляционная теория это очень логично объясняет). Окажись оно тогда меньше на ничтожные доли процента, Вселенная слишком быстро раздулась бы и охладилась; окажись чуть больше — Вселенная давным-давно перестала бы расширяться и испытала гравитационный коллапс.

Четвертый параметр — космологическая постоянная, мера энергии физического вакуума. По неизвестным пока причинам семь миллиардов лет назад она сдвинулась от нуля

к положительному значению, из-за чего Вселенная начала расширяться с возрастающей скоростью.

Пятый параметр — это средняя относительная амплитуда флуктуаций реликтового микроволнового излучения, равная всего лишь 10^{-5}. Будь она немного ближе к нулю, Вселенная так бы и осталась безжизненной и бесформенной смесью газа и пыли, размазанной по космическому пространству. Обратный случай, с нашей точки зрения, ничем не лучше: материя быстро бы «склеилась» в компактные и массивные галактики, которые давным-давно сколлапсировали бы в черные дыры.

> «Обычный кусок ткани есть конечный продукт работы ткача, который аккуратно соединил вместе отдельные нити, являющиеся исходным материалом текстильных изделий. Поэтому можно спросить, не

существует ли исходного материала для ткани пространства-времени, то есть такой конфигурации струн космической структуры, в которой они еще не срослись в организованную форму, узнаваемую нами в образе пространства-времени. Заметим, что не вполне корректно представлять это состояние как беспорядочную массу отдельных колеблющихся струн, которые затем должны сшиться вместе в упорядоченное целое, поскольку наше обычное восприятие заранее использует понятия пространства и времени — пространства колеблющихся струн и текущего времени, благодаря которым мы можем наблюдать изменение конфигурации от одного момента к последующему. В исходном состоянии, когда создающие структуру пространства-времени струны еще не включились в упорядоченный, когерентный "танец" колебаний, пространства и времени не существует. Сам наш язык слишком груб, чтобы говорить о таких вещах: в нем нет слов, с помощью которых можно описать то, что происходило до этого "танца". Можно в каком-то смысле представлять себе исходные несвязанные струны "осколками" пространства-времени, которые породят знакомое пространство-время лишь после того, как включатся в резонансные колебания определенного вида»-.

Брайан Грин. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории

-127-

Последний параметр — размерность пространства. С одной стороны, вряд ли надо доказывать, что ни двумерное, ни тем более одномерное пространство не может вмещать биомолекулы. С другой стороны, в четырехмерном пространстве и пространствах более высоких размерностей были бы невозможны стабильные планетные орбиты, так что для жизни опять-таки не нашлось бы места.

Конечно, все эти соображения основаны на предположении, что жизнь возникает лишь в привычных нам формах, но ведь других мы не знаем. Разумеется, можно было бы вспомнить и «Облако» Холла и «Солярис» Лема, да и вообще порассуждать о разумной плазме или даже неких мыслящих биополях, но Рис использует иные аргументы: *«Нет ничего удивительного в том, чтобы в большом магазине готового платья подобрать костюм*

себе по размеру. Аналогично в великом множестве вселенных, в каждой из которых реализуется какой-то определенный набор космологических параметров, вполне может найтись хоть одна, где существуют предпосылки для возникновения жизни. В такой Вселенной мы и находимся. Иначе говоря, наш мир таков, каков есть, он биофилен (термин придуман Рисом для Вселенной, допускающей наличие живой материи.— Прим. автора *) не потому, что его так спроектировал неведомый конструктор или творец, а просто в силу закона больших чисел.*

Эта концепция тем и отличается от чистой спекуляции, что ее удастся проверить астрономическими наблюдениями или физическими экспериментами в не слишком отдаленном будущем, возможно, лет через двадцать, не более. Но практических путей к этому пока не видно…»

Теперь, вооружившись знаниями по квантовой инфляции, мы можем задать себе главный вопрос, ради которого, собственно, и была написана данная глава: как связан таинственный и малопонятный процесс инфляционного расширения с выводами теоремы Пуанкаре — Перельмана?

-128-

Насер и Грубер в своей статье приводят описание решения Перельмана, сделанное гарвардским математиком Барри Мазуром на основе «авторемонтной» аналогии: *«Представьте, что у вашей машины погнуто крыло и вы звоните в автомастерскую, чтобы узнать, как вам его выпрямить. Автомеханику будет очень трудно объяснить вам это по телефону. Вам придется приехать в мастерскую, чтобы механик смог исследовать повреждение. Только после этого он сможет сказать, в каком месте по крылу нужно постучать. Гамильтон ввел понятие, а Перельман завершил описание процедуры, которая работает независимо от вида повреждения. Поток Риччи, будучи применен к любому трехмерному пространству, сгладит все шероховатости и выпрямит все выбоины. Автомеханику даже не потребуется смотреть на вашу машину — достаточно будет просто применить уравнение. Перельман доказал, что "сигары", особенно беспокоившие Гамильтона, на самом деле не могут образоваться под воздействием потоков Риччи. Проблема "перешейков" оказалось решаемой с помощью серии сложных хирургических манипуляций — вырезания сингулярностей и латания неровных краев. В результате мы получили инструмент, с помощью которого возможно сглаживать неровности и в критических ситуациях контролировать разрывы».*

Далее следует краткий комментарий давнего оппонента Перельмана, известного американского математика и физика-

теоретика китайского происхождения Яу: *«Многие, хотя и не все, эксперты убеждены, что Перельману удалось "затушить" все "сигары" и обуздать узкие "перешейки". Но они вовсе не уверены, что Перельман может контролировать число хирургических операций, необходимых для сглаживания сингулярностей. Эта проблема может оказаться критической для всего решения».*

Все это может иметь важное значение для обоснования именно самого разноречивого момента инфляционных теорий — мгновения инфляционной экспансии окружающего нас пространства-времени. Ведь именно подобный подход позволяет объяснить органическое единство Космоса без сингулярных «проколов» в иную реальность и локальных объемов с иными физическими законами.

Гл. 2. Многомерное пространство-время

«Поэтому стандартная модель приводит к первичной особенности — Большому Взрыву. Этот вывод был назван Джоном Уилером "величайшим кризисом физики". В самом деле, в чем мог бы быть смысл такой особенности? Если проследить за историей Вселенной в обратном направлении, то придем ли мы к точке, за которой прекращается действие законов физики? Действительно ли мы имеем дело с первичной особенностью или же рождение Вселенной следует рассматривать как результат некоторой неустойчивости, связанной с явлениями типа фазового перехода?»

Иван Пригожий. Первичные необратимые процессы

Рис. 45. Геометризация единого поля в границах континуальных представлений теоремы Пуанкаре — Перельмана

«Инфляция и проблема плоскостности… проблема, адресуемая инфляционной космологии, имеет дело с формой про-

странства… Обращаясь к двумерной визуализации, имеются возможности положительной кривизны (форма, подобная поверхности шара), отрицательной кривизны (седловая форма) и нулевой кривизны (форма, подобная бесконечной плоской поверхности стола или экрану видеоигры конечных размеров). С ранних дней ОТО физики осознавали, что полная материя и энергия в каждом объеме пространства — плотность материи/энергии — определяет кривизну пространства. Если плотность материи/энергии высока, пространство свернется в форму сферы; это значит, что будет положительная кривизна. Если плотность материи/энергии низка, пространство будет расширяться вовне, как седло; это значит, будет отрицательная кривизна.

> Или… для очень специального количества плотности материи/энергии — критической плотности, равной массе около пяти атомов водорода (около 10^{-23}граммов) в каждом кубическом метре, — пространство будет лежать точно между этими двумя экстремумами и будет совершенно плоским; это значит, что кривизны не будет».
>
> *Брайан Грин. Ткань космоса: Пространство, время и структура реальности*

Есть в любой науке проблемы, подобные в чем-то задаче Пуанкаре, которые заставляют поколения ученых искать решения, как когда-то рыцари искали мистическую чашу святого Грааля. Таким Граалем в физике принято считать Теорию Всего, или Теорию Великого Объединения. Эйнштейн посвятил ее разработке половину жизни, да и после множество физиков разного ранга пытались достичь здесь успеха… Увы, пока еще контуры будущего Великого Объединения выглядят весьма расплывчато даже в идеологическом плане. Между тем существует мнение, что пути решения этой грандиозной научной проблемы следует искать именно в области топологии окружающего нас пространства-времени. Из расчетов физиков-теоретиков следует, что если трехмерное пространство заменить четырехмерным, введя новое пространственное измерение, то гравитацию и электромагнетизм можно представить в виде единого поля, которое тоже подчиняется теории Эйнштейна, но только уже в пятимерном пространстве-времени. При этом оказывается, что электромагнетизм — это

гравитация в дополнительном пространственном измерении. В то же время именно трехмерная сфера в четырехмерном континууме, по теореме Пуанкаре — Перельмана, содержит прообраз устойчивых решений в эволюции нашего Мироздания.

Итак, если немного отвлечься от парадоксальности инфляционных сценариев рождения Мироздания, то окажется, что нам нужна какая-то очень глубокая теоретическая идея, которая бы связывала абстракции теоремы Пуанкаре — Перельмана и эволюцию реальной ткани пространства-времени нашей Вселенной. Вот тут самое время вспомнить о странном результате, который в начале 20-х годов прошлого века получил работавший в Кенигсбергском университете польский физик Теодор Калуца.

Как и на других ученых, на Калуцу огромное впечатление

произвел вывод Эйнштейна о том, что тяготение, являясь физической силой, тем не менее, имеет чисто геометрическую природу, являясь искривленностью четырехмерного пространства-времени. Кроме гравитации, в то время были известны только электромагнитные силы, и Калуца предположил, что они тоже имеют какое-то геометрическое происхождение.

Результат удивительный и… непонятный! Один из тех, о которых говорят: либо просто совпадение, математический фокус, либо отблеск чего-то очень далекого, что еще только предстоит открыть и понять. Эйнштейн, которого Калуца просил рекомендовать его статью в физический журнал, два года колебался, прежде чем удовлетворил просьбу.

Тут-то и пригодилась теория единого суперполя, все компоненты которого — родные сестры. Основываясь на идее Калуцы, всех их можно считать гравитацией в многомерном пространстве-времени.

В физике такое бывает часто: развиваются, казалось бы, не имеющие ничего общего направления, испытывают трудности и заходят в тупик. Внезапно кто-то сообразит, что это разные стороны одного и того же, причем каждая имеет как раз то, чего недостает другой. Но почему тогда мы никак не ощущаем дополнительные измерения? Не входим ли мы в противоречие с реальными фактами?

-132-

Среди большого числа научно-фантастических романов и рассказов, написанных знаменитым английским писателем Гербертом Уэллсом, есть один, где речь идет о необычной Вселенной, четырехмерное пространство которой состоит из бесчисленного количества независимых трехмерных миров, подобных нашему. Однако есть область, где они пересекаются, и там можно попасть в любой из них. Уэллсовская Вселенная похожа на раскрытую книгу, где веер независимых страниц-миров имеет общий корешок.

Можно придумать Вселенную из полностью независимых параллельных миров, каждый из которых, подобно гладкой шелковой ленте, повторяет все изгибы соседнего. Многие писатели-фантасты давно уже продуктивно эксплуатируют подобные идеи.

Ничего подобного в нашем мире не наблюдается (хотя время от времени можно встретить газетные утки с мифической ерундой о якобы наблюдавшихся кем-то и где-то случаях мгновенной телепатии или телекинеза!). Самые тщательные, с огромной точностью выполненные опыты с элементарными частицами (а в этом случае можно получить наибольшую

точность) не обнаружили никаких, даже самых малых нарушений причинности.

Рис. 46. Пространство вложенных измерений многообразия Пуанкаре — Перельмана

В своей стандартной и, надо сказать, пока еще общепризнанной модели Вселенная имеет три протяженных пространственных измерения и одно временное. Однако сама по себе

топология нашего Мира довольно неоднородна, она резко искажается вблизи массивных тел и даже закручивается в воронки у горловин гравитационных коллапсаров. При этом основная идея, касающаяся скрытых дополнительных измерений, остается неизменной: если дополнительные, свернутые циклические измерения нашей Вселенной подобны медным пояскам на вселенской трубе и к тому же являются чрезвычайно малыми, их гораздо труднее обнаружить, чем явно наблюдаемые протяженные измерения. На самом деле, если размер этих измерений достаточно мал, их невозможно обнаружить даже с помощью самых мощных инструментов. Что очень важно, циклическое измерение представляет собой не просто какое-то вздутие внутри привычных протяженных измерений. Напротив, циклическое измерение является новым измерением, оно существует в каждой точке пространства обычных измерений, наряду с измерениями вверх-вниз, влево-вправо и вперед-назад, которые также существуют в каждой точке. Это независимое направление, в котором можно было бы развивать топологические преобразования Перельмана, начиная от метрической сетки обычных пространственных измерений и

заканчивая компактифицированными циклическими измерениями.

Есть еще одно соображение, которое, казалось бы убедительно говорит о том, что в нашем мире нет ни четвертого, ни более высоких пространственных измерений. Английский астрофизик Артур Эддингтон доказал, что в этом случае вообще не было бы атомного вещества, так как в мирах с числом измерений, большим трех, электрические заряды взаимодействуют слишком сильно. Электроны там не могут удержаться на орбитах, и атомы «взрываются внутрь» или коллапсируют. Может быть, такие своеобразные миры где-то и существуют вне нашей реальности, но в нашей Вселенной атомы устойчивы и потому, сделал вывод Эддингтон, никаких дополнительных пространственных измерений в ней просто нет. И тем не менее это все же не означает, что в нашем мире нет четвертого измерения. Оно может открываться лишь глубоко в микромире, куда мы пока еще не можем заглянуть с помощью наших приборов.

Трудность с лишними пространственными измерениями была главной причиной подозрительного отношения физиков к идее Калуцы. Первую серьезную попытку справиться с ней предпринял шведский теоретик Оскар Клейн. По его

мнению, четвертое пространственное измерение, постулированное Калуцей, существует реально и не ощущается нами лишь потому, что мир в этом направлении имеет микроскопически малый радиус, то есть представляет собой крошечную замкнутую окружность. Если бы мы могли двигаться в этом направлении, мы бы сразу же вернулись в исходную точку.

Существует много моделей пространственных конструкций с четырьмя и большим числом измерений, в которые наш мир входит лишь как часть. Можно даже придумать миры, где существует сразу несколько направлений времени, и вообразить еще более экзотические структуры. Но все они имеют общее свойство: между событиями в различных пространственно-временных точках нашего трехмерного мира будет существовать связь через недоступные нашему восприятию четвертое, пятое и следующие измерения. В таком многомерном мире можно попасть в прошлое или будущее и вернуться обратно, мгновенно переместиться из одного места в другое. Обладай наш мир такими свойствами, вокруг нас постоянно происходили бы чудеса. Одни предметы исчезали бы без следа, другие неожиданно появлялись бы из ничего. Можно было бы общаться с умершими предками и с еще не родившимися потомками. Хотя

мысль о высших пространственных измерениях является неподтвержденной экспериментом гипотезой, в глазах физиков она выглядит весьма убедительной.

Физика во многом сложилась как экспериментальная наука, и лишь прошлый век дал импульс развитию ее теоретической части. Со временем физические эксперименты становятся все более сложными и дорогостоящими, поэтому физикам чаще приходится зондировать природу с помощью формул. Для этого выдвигаются гипотезы, которые обобщают уже известные физические законы, а их следствия анализируются чисто теоретически с помощью сложных математических построений.

Внешне это выглядит чем-то вроде «физико-математической фантастики». Казалось бы, математические грезы физиков-теоретиков напоминают произведения Айзека Азимова и Артура Кларка и далеки от реальности. Однако отнюдь не все сумасшедшие идеи теоретиков обязательно реализуются в существующем мире. Но понять, почему природа предпочла пойти другим путем, тоже очень важно — это может дать ключ к открытию новых фундаментальных законов.

-135-

Хотя мы часто говорим о смелости научной мысли и беспредельном полете фантазии, наши идеи, даже самые фантастические, по существу, не слишком уж далеко выходят за пределы привычного нам мира. Это проявляется и в теоретической физике, несмотря на всю необычность ее современных представлений. Например, многомерные миры в каких-то отношениях мыслятся как нечто весьма похожее на нашу четырехмерную Вселенную, только с большим числом координат.

В своей недавней статье американский физик Стивен Вайнберг иронически заметил, что такие представления сродни уверенности в том, что при любом контакте с космическим разумом мы встретим если не зеленых человечков, то что-нибудь похожее на жука, осьминога или какое-либо другое земное существо.

Между тем в глубине иных измерений у живых существ вообще должны быть некие принципиальные отличия, например тринокулярное зрение. Так, расчеты американских физиков показали, что если высокоразвитые существа живут в очень сильно искривленном пространстве, то им было бы удобно рассматривать окружающий их мир не двумя, а тремя глазами.

Рис. 47. Свернутое пространство гомотопии Перельмана

«Итак, мы пришли к довольно удивительным выводам. Хотя мы наблюдаем только три протяженных пространственных измерения, рассуждения Калуцы и Клейна показыва-

ют, что это не исключает существования дополнительных, свернутых измерений, по крайней мере, если они достаточно малы. Вселенная вполне может иметь больше измерений, чем доступно нашему глазу. Насколько малы должны быть эти измерения? Современная техника может обнаружить объекты, размер которых составляет одну миллиардную от одной миллиардной доли метра. Если дополнительное измерение свернуто до размера, который меньше этого значения, обнаружить его невозможно. В 1926 году Клейн объединил первоначальное предположение Калуцы с некоторыми идеями бурно развивавшейся квантовой механики. Его расчеты показали, что дополнительное циклическое измерение по размерам сопоставимо с планковской длиной, что выходит далеко за рамки современных возможностей экспериментального изучения. С этого времени физики

стали называть гипотезу о существовании дополнительных крошечных пространственных измерений теорией Калуцы — Клейна».

Брайан Грин. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории

Сильнее всего пространство-время искривлено внутри черных дыр, вблизи сингулярности. Это искривление воздействует не только на материальные тела, но даже на свет: вокруг черной дыры существует некая зона, попав внутрь которой, ничто, даже световой луч, не может вылететь наружу. Поверхность, ограничивающая эту зону, называется горизонтом событий. Предположим, что некие фантастические существа рассматривают окружающий их мир с помощью обыкновенного зрения, то есть улавливая световые лучи. Смогут ли они эффективно использовать бинокулярное зрение в таком сильно искривленном пространстве-времени?

По теории Калуцы — Клейна, наш Мир по трем направлениям является расширяющейся Вселенной, а по четвертому — окружностью с невообразимо малым радиусом, связанным с массами элементарных частиц. Чтобы они получались такими, как на опыте, радиус должен быть десятичной дробью с тридцатью тремя нулями, то есть быть меньше протона в сто миллиард миллиардов раз.

-137-

С одной стороны, для объединения известных четырех взаимодействий нужно не менее шести новых направлений в пространстве. С другой стороны, исследования, основанные на теории симметрии Галуа, показали, что наблюдаются только две возможности: 10- и 11-мерное пространство-время. Тем не менее до однозначности здесь еще далеко. Структура многомерных пространств чрезвычайно сложна, и дополнительные шесть или семь степеней свободы можно «свернуть» в сверхмалом объеме множеством способов. И каждый способ — новая теория со своими геометрическими и физическими особенностями.

Оказывается, нет. Расчеты показывают, что из-за сильного искривления пространства-времени на световые лучи будут тоже действовать приливные силы. Они будут искажать фронт световых волн так, что он из локально-сферического станет локально-эллиптическим. Это значит, что, увидев такой свет, существо с двумя глазами сможет приблизительно определить расстояние до источника света, но, если оно наклонит голову, эта оценка изменится (то есть существо, крутя головой, будет видеть,

что источник света то приближается, то удаляется).

Этот недостаток зрения можно будет устранить, если существо обладает не бинокулярным, а тринокулярным зрением: имеет три глаза, расположенные не на одной прямой. Научившись с детства обрабатывать зрительную информацию от трех глаз, такое существо сможет одним взглядом замерить сразу все кажущиеся дистанции и оценить точное расстояние до источника света. Можно даже сказать, что тринокулярное зрение должно быть столь же эволюционно выгодным для жизни внутри черной дыры, как и бинокулярное зрение — в плоском пространстве-времени.

Если черная дыра обладает огромной массой, то и ее горизонт событий имеет огромный радиус. Поэтому тело, попавшее под горизонт событий, может падать на сингулярность еще очень и очень долго. Так долго, что за это время эти гипотетические существа успеют появиться на свет, размножиться и даже эволюционировать.

-138-

Кто знает, возможно, вся видимая нами часть Вселенной, все эти галактики, звезды, планеты, да и мы с вами, находится под горизонтом невообразимо огромной черной дыры и медленно-медленно падает на ее центр, просто это падение растянулось на многие миллиарды лет. Может быть, и нам при астрономических наблюдениях стоит принять к сведению преимущества тринокулярного зрения?

Рис. 48. Мир суперновой физики пространства-времени в теореме Пуанкаре — Перельмана

Современная физика изучает объекты, которые без формул просто невозможно представить. Это и многомерные миры с несколькими временами, текущими в различных направлениях, и соседствующие в пространстве области с различными видами вакуума, и спонтанно образующиеся как

пузыри вселенные с новыми измерениями из безразмерных точек. Именно поэтому математические структуры, подобные найденным Г. Я. Перельманом, так нужны в описании космологических сценариев инфляционного Большого Взрыва или компактифицированных измерений той же струнной теории.

Высшие размерности могут быть устроены совсем не так, как наш мир. Откуда известно, что там непременно должны быть метрические свойства, подобные нашим длине и углу? Почему не быть дробной размерности или мирам, в которых число координат изменяется с течением одного или нескольких времен? В многомерном мире могут реализоваться значительно более сложные геометрии, чем наша, а следовательно, и совершенно другая физика. Чтобы понять это, как раз и нужны теоретические построения в духе своеобразной физико-математической фантастики.

Гл. 3. Игры на суперструнных бранах

«Природа — это бесконечная сфера, центр которой повсюду, а периферия — нигде».

Блез Паскаль

«Математические теоремы, подобно физическим утверждениям, могут быть формально не обоснованными, но экспериментально проверяемыми гипотезами. Иногда они подлежат пересмотру, но надежным критерием их правильности служит их соответствие реальности».

Герман Вейль. Философия математики и естественных наук

«Космология не может что-либо предсказать о судьбе Вселенной до тех пор, пока не сделаны какие-либо предположения относительно начальных условий. Не сделав таких предположений, можно сказать лишь то, что в ранней Вселенной все было таким, каким оно было. Многие все еще убеждены в том, что наука должна рассматривать лишь локальные законы, определяющие эволюцию Вселенной во времени. Они воспринимают вопрос о граничных условиях для Вселенной, определяющих ее начало, скорее как вопрос метафизики или религии, но никак не науки».

Стивен Хокинг. Природа пространства и времени. Квантовая космология

Рис. 49. Хромосомы на бране Мира

«Струнные теоретики обычно предполагали, что дополнительные измерения мизерны, но несколько

предприимчивых

физиков поняли в девяностых годах прошлого века, что это не являлось обязательным условием — дополнительные измерения могли бы быть большими или даже бесконечными. Это возможно в сценарии миров на бране. В такой картине наше трехмерное пространство на самом деле является браной — то есть чем-то, подобным мембране, но трехмерной, — подвешенной в мире с четырьмя или более измерениями пространства. Частицы и силы стандартной модели — электроны, кварки, протоны вместе с силами, с которыми они взаимодействуют, — ограничены в пределах трехмерной браны, составляющей наш Мир. Так что, используя только эти силы, вы не сможете увидеть свидетельств дополнительных измерений. Единственное исключение составляет гравитационная сила. Гравитация, будучи универсальной, распространяется через все измерения пространства.

Ли Смолин. Неприятности с физикой: взлет теории струн, упадок науки и что за этим следует

В середине 1970-х годов физики-теоретики, создавая модели микрокосмоса сверхэлементарных частиц, в очередной раз вплотную столкнулись с проблемой геометризации своих построений. Несмотря на то что до прямого применения решений проблемы Пуанкаре было еще далеко, они уже тогда пришли к следующей мысли: если в природе существуют еще более мелкие объекты, чем глюоны и кварки, то они должны совершенно по-особому вписываться в пространство микромира. Например, это напрямую касается неких «силовых струн», которые определенным способом связывают более или менее привычные микрочастицы, не давая им разойтись на большие расстояния. Это делает их, подобно кваркам и глюонам, вечными пленниками внутри тех же самых кварков и глюонов. Их стали называть *струнами*(от англ. *string*— струна). Вскоре выяснилось, что такие жгуты напряженного поля могут существовать и сами по себе как независимые *«хромосомы мира».*Когда Григорий Яковлевич Перельман доказал теорему Пуанкаре, первые отклики физиков-теоретиков касались именно открывающихся перспектив понять и

описать эволюцию этих очень странных на первый взгляд умозрительных построений математической физики.

-142-

Рис. 50. Пространство суперструн

> «Сценарии мира на бране работают, только если вы делаете специальные предположения о геометрии дополнительных измерений и способе, которым трехмерная поверхность, являющаяся нашим миром, помещается внутри них. В добавление ко всем проблемам, от которых страдали старые теории Калуцы — Кляйна, имеются новые проблемы. Если может быть одна брана, плавающая в высокоразмерном мире, почему их не может быть много? И если имеются другие, то как часто они сталкиваются? В самом деле имеются предположения, по которым Большой Взрыв возник из-за столкновения миров на бранах. Но если это может произойти один раз, почему с тех пор это больше не происходило? Прошло около 14 миллиардов лет. Ответ может быть в том, что браны встречаются редко, но в этом случае мы опять получаем тончайше настроенные условия».
>
> *Ли Смолин. Неприятности с физикой: взлет теории струн, упадок науки и что за этим следует*

Между тем выводы теоремы Пуанкаре — Перельмана являются довольно многообещающими, поскольку позволяют с помощью струнных представлений если и не устранить полностью, то хотя бы обойти множество препятствий на пути к построению логически непротиворечивой теории квантовой гравитации. Однако теория струн, несмотря на солидные

-143-

усилия, прилагаемые со стороны интернационального коллектива теоретиков, до сих пор не вышла еще из стадии разработки, и связано это именно с отсутствием свежих математических идей, наподобие тех, что использовал Григорий Яковлевич Перельман. Разумеется, физикам-теоретикам пока еще неизвестно, как именно войдет новая математика в точные уравнения суперструн, но фундаментальные принципы,

определяющие их топологию, просматриваются довольно отчетливо. Вероятно, современная версия такой геометризованной «струнной физики» будет носить название топологической суперсимметричной теории струн (геометрической теории суперструн, или струн).

Надо отметить, что струнные модели очень поэтичны. Так, набор возбужденных струн звучит, как целый вселенский оркестр, заполняя вакуум каскадами звуков — частиц. В глубинах микромира, в области, где сливаются все известные взаимодействия, все они — равноправные состояния одного и того же супермультиплета, а на больших расстояниях, обрастая шубами — оболочками испускаемых ими виртуальных частиц, становятся кварками.

Чтобы хоть как-то вообразить струнную абстракцию, представим себе заряженный конденсатор — две металлические пластины и слой электрических силовых линий между ними. Если пластины раздвинуть на расстояние, много большее их размеров, слой превратится в жгут силовых линий. Он обладает определенной упругостью, и его можно назвать электрической полевой струной. Подобная же магнитная струна образуется между двумя намагниченными шариками. С помощью мелких железных опилок ее можно сделать видимой и убедиться в том, что, будучи отклоненной в сторону, она упруго восстанавливает форму.

Размеры элементарных частиц в тысячи раз больше размеров составляющих их кварков, поэтому между кварками тоже натягиваются струны — струны глюонного поля. Их можно заметить в столкновениях частиц. Образование полевых струн — весьма распространенное явление в мире элементарных частиц.

Струны могут разрываться и слипаться, образовывая дочерние и внучатые струны. При этом возникают замкнутые

струнные кольца и более сложные переплетающиеся фигуры. Струны — объекты с очень сложной геометрией. Самое важное состоит в том, что, подобно тому, как это происходит со струной гитары, в них могут возбуждаться колебания — различные полевые обертоны, которые так же, как звуковые волны, отделяются от колеблющейся струны и распространяются в виде волн в окружающем вакууме.

Интересно, что сначала большинство физиков встретили новую теорию с недоверием. Избавив их от бесконечностей, она принесла с собой другой страшный «порок» — в ней появились тахионы и духи. Тахионы — это частицы, движущиеся со скоростями, большими скорости света. Таких частиц в опыте нет.

А если бы они были и, как предсказывала новая теория, могли разлетаться на большие расстояния, это порождало бы массу поразительных явлений, которые никогда не наблюдаются. Еще хуже духи. Так физики называют явления, происходящие с отрицательной вероятностью. Когда говорят, что вероятность обнаружить частицу — 30 %, это понятно, но что означает вероятность «минус 30 %»? Может, что-то и означает, но физики стараются избегать теорий с такими величинами.

Изначально в ней видели очень весомого кандидата на долгожданную общую теорию всех частиц и сил. Однако после появления в начале 70-х годов прошлого века концепции кварков, быстро выросшей в целый раздел физики элементарных частиц, модель струн явно стала проигрывать объединяющей модели кварков. «Кварковая микрофизика называется *квантовой хромодинамикой,*поскольку связана с динамикой *цветовых зарядов*кварков» — чрезвычайно эффективный способ описания сильных взаимодействий, основанный на кварковой модели. Она прекрасно согласовывалась с экспериментами и к тому же не выходила за рамки квантовой теории поля, которая считалась универсальной основой фундаментальных объяснений микромира. Теория струн на этом фоне выглядела чистой экзотикой, которая к тому же не могла похвастаться ни внутренней стройностью, ни экспериментальными подтверждениями. Поэтому почти все специалисты ее проигнорировали.

-145-

Рис. 51. Топологически закольцованная суперструна

> «Каждое наблюдение, которое вы описываете в рамках одной струнной теории, имеет альтернативное и эквивалентно жизнеспособное описание в рамках другой струнной теории, даже если язык каждой теории и интерпретация, которую она дает, могут различаться. Это возможно, поскольку имеются две качественно отличающиеся конфигурации для струн, движущихся по циклическому измерению: та, в которой струна обернута вокруг циклического измерения, как резиновая лента вокруг жестяного бидона, и та, в которой струна находится на части окружности, но не обернута вокруг нее. Первая имеет энергии, пропорциональные радиусу окружности (чем больше радиус, тем сильнее растянуты обернутые струны, и потому тем больше энергии они в

себе заключают), вторая имеет энергии, которые обратно пропорциональны радиусу (чем меньше радиус, тем более ограничены струны, и потому тем более энергично они двигаются вследствие квантовой неопределенности). Отметим, что, если мы заменим оригинальную окружность на окружность с обратным радиусом, одновременно также поменяв местами "обернутые" и "необернутые" струны, физические энергии — и, оказывается, физика в более общем смысле — останутся незатронутыми. Это в точности то, что требует словарный переход от теории типа IIA к теории типа IIB и почему две кажущиеся различными геометрии — большое и малое циклическое измерение — могут быть эквивалентны».

Брайан Грин. Ткань космоса: Пространство, время и структура реальности

-146-

Инновационная теория сразу же столкнулась и с трудными требованиями для размерности пространства, ведь ее модель математически корректна только в случае, если пространственно-временной континуум является многомерным. Это еще можно было пережить, но вскоре выяснилось, что ввод в теорию струн спина приводит к ее реализации только в десятимерном пространстве-времени, вмещающем девять пространственных измерений и одно временное. Это было очень необычно, поскольку теоретикам еще не приходилось сталкиваться с теорией, автоматически диктующей требуемую размерность. Ведь все известные уравнения механики, электродинамики и теории относительности, в принципе, справедливы для любого числа измерений. А теория суперструн непременно требовала для себя пространства-времени одной определенной размерности, причем не привычное 4-мерное пространство-время, так что 6 измерений оказались лишними.

В данной ситуации казалось, что модели суперструн суждено остаться чисто умозрительной теорией. Теоретики много лет пытались найти квантовую версию общей теории относительности, ведь соответствующие уравнения теории Эйнштейна предсказывают существование гравитационных волн, которые при квантовании превращаются в гравитоны, переносчики силы тяготения. Топологически модель гравитона представляет собой нечто, напоминающее закольцованную струну. Гравитонные закольцованные струны по идее должны легко преодолевать границы бран, например покидать нашу 3-

брану и уходить в другие измерения. Но если эти странные «агенты влияния» гравитации способны на подобные «подпространственные» перемещения, то их геометрия вполне может описываться специальным классом решений теоремы Пуанкаре — Перельмана! То, что мы этого не замечаем, может лишь свидетельствовать о компактификации дополнительных измерений. Естественно, что законы этого очень странного микромира должны проявляться лишь на очень малых дистанциях, которые пока еще принципиально не наблюдаемы экспериментальной физикой. Однако есть и другие выводы из проективной топологии пространства-времени, позволяющие делать предположения

о том, как наша 3-брана, будучи многообразием теории Пуанкаре — Перельмана, эволюционирует вместе со всеми скрытыми измерениями. При этом теория предсказывала, что гравитоны должны обладать нулевой массой и двойным спином. И вот в 1970-х годах появились научные работы, в которых таинственная безмассовая частица струнной модели сопоставлялась с гравитоном! Отсюда следовало, что теория струн — это математический каркас для конструирования квантовой теории тяготения и ее основная задача — объединить все фундаментальные взаимодействия в Теории Всего.

Здесь важно понимать, почему мы не ощущаем присутствия шести или семи дополнительных пространственных измерений. Считается, что они свернуты в ультрамикроскопические клубки (компактифицированы), которые все наши измерительные инструменты, от микроскопов до сверхмощных ускорителей, не отличают от геометрических точек. Такая интерпретация стандартна, но необязательна: электроны, кварки и прочие частицы материи представлены струнами со свободными концами.

Что обещает дальнейшее развитие теории струн?

Хотя вопросов у теории суперструн пока больше, чем ответов, большинство физиков уверены, что она имеет перспективное будущее. Когда построение теории закончится, ее по праву можно будет назвать той самой Теорией Всего. Космические струны могут флуктуировать и колебаться, пересекаться и взаимодействовать между собой. Наблюдать их можно либо благодаря производимому ими эффекту гравитационных линз, отклоняющих световые лучи, идущие от далеких галактик, либо по всплескам гравитационного излучения в результате их продольных колебаний. По некоторым сценариям гравитационное излучение космических струн можно будет открыть на новых

сверхчувствительных детекторах гравитационных волн.

Самым грандиозным успехом здесь была бы долгожданная единая концепция всех частиц и сил — Теория Всего. На пути к этому, конечно же, возникнут многочисленные новые модели пространства и времени (впрочем, их и сейчас более чем достаточно), способные разрешить важные загадки квантовой гравитации

-148-

и космологии. Это грандиозная цель, и, вполне возможно, для ее осуществления потребуется еще одна революция в наших представлениях о структуре физической реальности. Уже сейчас «струнные» работы привели ко многим интересным побочным результатам в математике, включая создание новых математических структур, а также инновационных идей и методов их решения. На последних конференциях, посвященных различным аспектам струнной теории, часто можно встретить физиков-теоретиков и математиков, совместно доказывающих свои гипотезы во многих областях математики, например в алгебраической геометрии.

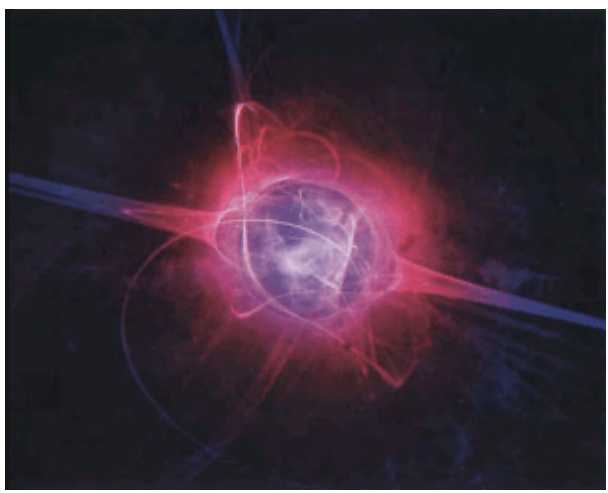


Рис. 52. Эволюция суперструнных бран

> «В 1997 году, основываясь на более ранних достижениях многих струнных теоретиков, аргентинский физик Хуан Малдасена совершил прорыв… в иногда свойственной физике манере он нашел гипотетический контекст — гипотетическую Вселенную, в которой абстрактные мечтания о голографии могут быть сделаны с использованием математики как конкретными, так и

точными. По техническим причинам Малдасена изучал гипотетическую Вселенную с четырьмя большими пространственными измерениями и одним временным измерением, которая имеет постоянную отрицательную кривизну — более

многомерная версия картофельного чипса. Стандартный математический анализ обнаружил, что это пятимерное пространство-время имеет границу, которая, как и все границы, имеет на одно измерение меньше, чем пространство, которое она ограничивает: три пространственных измерения и одно временное. (Как всегда, многомерные пространства тяжело вообразить, так что если вы хотите ментальную картину, подумайте о бидоне томатного супа — трехмерный жидкий суп есть аналог пятимерного пространства-времени, тогда как двумерная поверхность бидона есть аналог четырехмерного пространства-времени. После включения дополнительных скрученных измерений, как требует теория струи, Малдасена убедительно доказал, что физика, очевидцем которой является наблюдатель, живущий внутри этой Вселенной (наблюдатель в "супе"), может быть полностью описана в терминах физики, имеющей место на границе Вселенной (физики на поверхности бидона)».

Брайан Грин. Ткань космоса: Пространство, время и структура реальности

Теория струн предлагает и оригинальные космологические сценарии эволюции нашего Мира. Они предполагают, что Вселенная на современном этапе развития может быть заполнена космическими струнами галактических или даже метагалактических масштабов. В основе лежит идея о том, что поскольку расширение нашей Вселенной началось с планковского масштаба Большого Взрыва, то на этой стадии пространство-время было плотно заполнено обычными микроскопическими суперструнами с планковской длиной. Чтобы растянуть их до макроскопических размеров, потребовалась бы колоссальная энергия, и она нашлась естественным образом в ходе «разлета» нашего Мира. Конечно, тут за скобками остается очень интересный вопрос о том, что предшествовало появлению суперструн в сверхмикроскопическом пузырьке — зародыше

нашей Вселенной. Следующий вопрос — о характере непосредственного влияния микро-мезо-макро-мега-суперструн на эволюцию Вселенной, а также изменение их физических характеристик при этом. Гипотезу мегаскопических суперструн можно привлечь и для объяснения перехода этапа равномерного расширения в ускоренное около

-150-

8 миллиардов лет назад. Наверное, суперструны на всех этапах своего растяжения каким-то образом должны были взаимодействовать и с таинственными темной материй и энергией, хотя бы по той простой причине, что они составляют основное содержание Метагалактики. А поскольку исследование этих загадочных субстанций идет полным ходом во многих направлениях, это дает некоторые надежды и на экспериментальное подтверждение столь экзотичной теории. Во всяком случае и для объяснения новых эффектов на сверхмощных ускорителях, и для наблюдений галактических аномалий появляются новые необычные аргументы одной природы.

За недолгое свое существование (скоро она отпразднует пятидесятилетний юбилей) суперструнная физическая доктрина уже успела испытать много взлетов и падений. В начале текущего века от нее отделилось новое мощное направление, которое скоро стало доминирующим, — теория многомерных мембран (*M*-теория). Можно сказать, что эта модная теория, по сути, исследует те же струны, но плоские или, по меткому выражению одного из ее создателей — профессора Хуана Малдасены, мембраны отличаются от струн примерно так же, как макароны от лепешек.

Согласно *M*-теории, пространство изначально имеет одиннадцать размерностей и внутри него скрываются многомерные мембраны — так называемые p-браны, обладающие p-размерностью. Так, 0-брана — это некая точка в пространстве, 1-брана — это знакомая нам струна, а 2-брана — некая плоскость, называемая обычно мембраной. Как же происходит переход от струн к мембранам? В теории это выглядит как настоящее квантовое волшебство: многомерная суперструна, сворачиваясь в замкнутый контур, превращается… превращается… превращается… в многомерный тор!

Конечно, подобная топология пространства-времени на фундаментальном субквантовом уровне выглядит совершенно фантастично. Там, на самом «донышке» Мироздания, она скачкообразно непредсказуема и переменчива, к тому же граница между непрерывным и дискретным размыта. Там, в невообразимой внутренней глубине, капли материи непрерывно

переливаются в океан энергии и обратно…

-151-

Образ вибрирующей струны или мембраны как геометризованного базиса всех элементарных частиц, в общем-то, довольно ясен, если, конечно, опустить сверхсложный математический аппарат. Вообще говоря, на момент написания книги физики-теоретики еще далеко не полностью построили из струн и бран здание *M*-теории.

Подобным образом можно представить и браны более высоких размерностей, причем колебания струн здесь заменяются вибрациями мембран. Таким образом, рассматривая разные версии струнной теории, можно прийти к выводу, что в основе всего этого лежит единая теория многомерных квантовых мембран. Эта единственность очень привлекательна, так что работа над построением полной квантовой *M*-теории продолжается.

> «Что сохранило бы теорию струн — если она на самом деле сохранится, — так это решение совершенно другой проблемы: как сделать высшие измерения стабильными. Вспомним, что в теориях с высшими измерениями скручивание дополнительных измерений производит множество решений.
>
> Те, которые могли бы воспроизвести наблюдаемый нами мир, очень специальные, так как определенные аспекты геометрии высших измерений должны будут поддерживаться замороженными. С другой стороны, раз уж геометрия начинает изменяться, она может только продолжать двигаться, приводя либо к сингулярности, либо к быстрому расширению, которое сделает скрученные дополнительные размерности столь же большими, как и наблюдаемые нами измерения.
>
> Струнные теоретики называют это проблемой стабилизации модулей, где слово "модули" обозначает общее название для констант, которые различают свойства дополнительных измерений. Это проблема, которую теории струн следовало бы решить, но долгое время было неясно, как это сделать. Как и в других случаях, пессимисты были обеспокоены, а оптимисты были уверены, что раньше или позже мы найдем решение…
>
> Прогресс начался в 1990-е, когда некоторые теоретики в Калифорнии поняли, что ключом было использование бран для стабилизации высших

измерений. Чтобы понять как, нам надо принять

во внимание одну особенность проблемы, которая заключается в том, что геометрия высших измерений может изменяться непрерывно, хотя и оставаться хорошим фоном для теории струн. Иными словами, вы можете изменять объем или форму высших измерений и, делая это, перетекать через пространство различных струнных теорий. Это означает, что ничто не может спасти геометрию дополнительных измерений от эволюции во времени. Чтобы избежать этой эволюции, мы должны были найти класс теорий струн, среди которых было бы невозможно двигаться без разрывов. Один из способов сделать это заключался в нахождении струнных теорий, для которых каждое изменение является дискретным шагом — то есть вместо гладкого течения среди теорий вы должны сделать большие, резкие изменения».

Ли Смолин: Неприятности с физикой: взлет теории струн, упадок науки и что за этим следует

Вскоре после всесторонней разработки концепции многомерных квантовых мембран научные и популярные журналы заполнили прогнозы о близости окончательной победы в борьбе с тайнами окружающей нас Вселенной. Однако вместо этого при очередных попытках получить всеобщие закономерности нашего Мира разразился очередной грандиозный кризис теории струн-мембран. Суть кризиса в теории суперструн состоит вкратце в следующем. *М*-теория описывает жизнь протяженных объектов в 11-мерном пространстве-времени при очень высокой температуре. 11 — мерное пространство — это не прихоть, а единственный способ соответствовать сразу всем налагаемым условиям. Если мы хотим получить из этой теории свойства нашего мира, то мы должны постепенно понижать температуру и смотреть, что происходит с этим 11-мерным пространством и летающими в нем объектами.

Так получается, что 7 из 11 измерений становятся неустойчивыми и спонтанно сворачиваются в сверхмикроскопические замкнутые структуры, оставляя макроскопическими только три пространственных измерения

плюс время — четырехмерное пространственно-временное многообразие нашей реальности. Детали этого механизма еще не изучены, и на сегодняшний

-153-

день кажется, что в теории суперструн возможно огромное число разных конфигураций свернутого пространства. Каждая такая конфигурация приведет к конечной Вселенной со своими характеристиками: силой взаимодействий, массами частиц и т. д. Всю эту совокупность конечных вселенных, которую можно получить из одной-единственной теории путем разных сверток, физики назвали ландшафтом теории.

Сейчас уже можно сказать, что одной из главных проблем космологической теории квантовых суперструн является то, что она не может предсказать, какая именно Вселенная реализуется в реальности после тех же множественных столкновений мембран. Некоторые физики-теоретики справедливо указывают, что теория космических суперструн настолько неопределенна, что из ее различных вариантов можно получить любое конечное состояние нашего Мира. Космологи формулируют этот парадокс так: ландшафт теории суперструн практически бесконечен. Вообще говоря, это означает, что теория имеет очень высокий уровень *научной спекулятивности*и ее нельзя опровергнуть: любой результат любого эксперимента можно объяснить какой-нибудь модификацией суперструнной парадигмы.

Если наша Вселенная — многомерная мембрана, плавающая в еще более многомерном пространстве, то Большой Взрыв, возможно, был результатом ее соударения с параллельной мембраной. Такие столкновения могут повторяться циклически. Каждая галактика перемещается в пространстве-времени по пути, имеющему форму песочных часов.

Временная шкала, непосредственно примыкающая к некой условной точке «О», начала отсчет времени существования нашей реальности и полна загадочных событий. Стремящиеся в бесконечность плотности материи и энергии пока еще не могут быть описаны современной физикой. Тем поразительнее, что теория суперструн берет на себя немыслимую смелость моделировать не только сам момент Большого Взрыва, но и предшествующее развитие событий. Существует даже две модели, описывающие до-сингулярное состояние нашего Мира Одна из них основывается на известной симметрии обращения времени, в силу которой физические уравнения работают одинаково хорошо независимо

-154-

от направления времени. По такому космологическому

сценарию Вселенная за определенный промежуток времени до Большого Взрыва расширялась с такой же скоростью, как и через такой же интервал после него. Однако изменение скорости расширения в эти моменты происходило в противоположных направлениях: если после Большого Взрыва расширение замедлялось, то перед ним оно ускорялось. В таком варианте Большой Взрыв предстает не моментом возникновения Мироздания, а просто внезапным переходом от ускорения к замедлению.

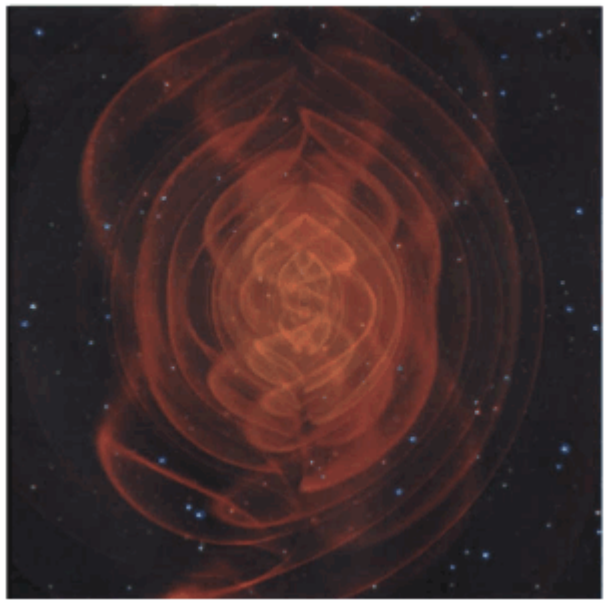


Рис. 53. Мир, запутанный в суперструны

«Зарыт ли в конце этого пути клад или нас ожидает только лишь трясина еще более невразумительной математики? Даже самые амбициозные защитники струн полагают, что пройдут еще десятки лет, прежде чем мы узнаем достаточно, чтобы суметь сделать хоть какие-то экспериментальные предсказания. А тем временем была утрачена историческая связь экспериментальной и теоретической физики. Пока люди, занимающиеся струнами, не могут интерпретировать воспринимаемые нами свойства реального Мира, они просто не занимаются физикой. Стоит ли университетам оплачивать их работу и позволять разлагать впечатлительных студентов? Найдут ли работу молодые

доктора философии, чья область деятельности ограничивается лишь теорией суперструн, если

когда — нибудь эти струны лопнут? Быть может, все эти мысли о струнах более подойдут математическим факультетам или даже богословским школам, чем факультетам физики? Сколько ангелов может танцевать на булавочной головке? Сколько измерений в компактифицируемом многообразии, которое в 10^{30} раз меньше булавочной головки?»

Шелдон Ли Глэшоу. Очарование физики

В таком сценарии точка космологической сингулярности Большого Взрыва предстает подобием центра симметрии, относительно которого Вселенная перед Большим Взрывом была почти идеальным зеркальным изображением самой себя после него. Если правы космологи, считающие, что расширение пространства-времени будет продолжаться неопределенно долго, до тех пор, пока вся материя не превратится в разреженный атомарный газ, то она также бескрайне простирается и в прошлое. Бесконечно давно она была почти пуста: ее заполнял лишь невероятно разреженный, хаотический газ из излучения и вещества. Силы взаимодействия между частицами этого газа практически не существовали, однако с течением времени они возрастали и стягивали материю воедино. Случайные неоднородности первичного вещества вызывали эффект гравитационного «снежного кома», приводя к скапливанию протовещества с последующим ростом плотности до критического значения начала гравитационного коллапса. Так начали образовываться первичные черные дыры.

Внутри черной дыры пространство и время меняются ролями: ее центр — не точка пространства, а момент времени. Падающая в черную дыру материя, приближаясь к центру, становится все более плотной. Достигнув максимальных значений, допускаемых теорией струн, плотность, температура и кривизна пространства-времени внезапно начинают уменьшаться. В момент такого поворота и возникает сингулярность космического катаклизма Большого Взрыва. Получается, что если следовать такому суперструнному космологическому сценарию, то наш Мир — это бывшая внутренность одной из описанных черных дыр.

Неудивительно, что столь необычный сценарий вызвал множество споров. Так, некоторые теоретики обоснованно замечают, что для того, чтобы такая модель согласовывалась с наблюдениями, Вселенная должна была возникнуть из черной дыры гигантских размеров, значительно больших, чем масштаб длины в теории квантовых мембран. Но их оппоненты возражают, что поскольку уравнения М-теории не накладывают никаких ограничений на размер черных дыр, то формирование Вселенной внутри достаточно большого коллапсара является случайным событием. Если же считать, что характер поведения материи и самого пространства-времени вблизи сингулярности Большого Взрыва был хаотичным, то в таком хаосе вполне мог возникнуть достаточно плотный газ мембранных протомикроколлапсаров в виде сверхмикроскопических массивных мембран, находящихся на грани превращения в черные дыры. Возможно, в этом содержится ключ к решению проблем загадочной сингулярности и не менее таинственной первичной экспансии пространства-времени в стандартной космологии Большого Взрыва.

Другой популярный в научных кругах физиков-теоретиков космологический суперструнный сценарий носит название *экпиротического*(от греч. *ekpyrotic* —пришедший из огня). В нем предлагается модель досингулярной Вселенной как одной из мембран, дрейфующих в многомерном пространстве. При столкновении таких мембран происходит множество прообразов нашего Большого Взрыва, рождающих новые миры.

Экпиротический сценарий имеет и циклический вариант, когда мембраны, сталкиваясь, отскакивают друг от друга и расходятся, затем снова притягиваются и соударяются, снова расходятся — и так практически до бесконечности. Расходясь после удара, они немного растягиваются, а при очередном сближении снова сжимаются. Когда направление движения мембраны меняется на противоположное, она расширяется с ускорением, поэтому наблюдаемое сейчас ускоренное расширение Вселенной может

свидетельствовать о грядущем грандиозном катаклизме мембранного столкновения.

Разработчики экпиротической схемы вначале надеялись, что слабость сил облегчит процедуру анализа столкновения, однако им приходится иметь дело с высокой кривизной пространства-времени, поэтому пока нельзя однозначно решить, удастся ли избежать сингулярности. Кроме того, этот сценарий должен протекать при весьма специфичных обстоятельствах. Например, перед самым столкновением мембраны должны быть почти

идеально параллельны друг другу, иначе вызванный ими Большой Взрыв будет недостаточно однородным. В циклической версии эта проблема стоит не так остро: последовательные соударения позволили бы мембранам выровняться.

У обоих струнных космологических сценариев есть ряд общих черт их континуальной топологии, что и позволяет применить к ним выводы из теоремы Пуанкаре — Перельмана. Так, оба вселенских эволюционных процесса начинаются с практически безграничного, холодного и заполненного сверхразреженным веществом Мира. Подобная геометрия Экстравселенной как раз и предполагает наличие топологии гладкого односвязного многообразия, которое затем по обеим моделям начинает преобразовываться через физически труднообъяснимый транссингулярный переход в катаклизм Большого Взрыва. Далее следует пресловутая стадия мгновенной (правильнее сказать, темпорально-планковской) инфляционной стадии расширения, которая снова повторяет топологические преобразования теоремы Пуанкаре — Перельмана. Можно, конечно, найти и определенные отличия в подобных сценариях «жирообразования». Например, в предвзрывном сценарии все силы природы изначально очень слабы и постепенно усиливаются, достигая максимума в момент Большого Взрыва. Для экпиротической модели справедливо обратное: столкновение происходит тогда, когда значения сил минимальны. Здесь, естественно, будут присутствовать разные решения проблемы Пуанкаре, но, разумеется, суть топологического подхода, найденного Григорием Яковлевичем Перельманом, от этого нисколько не меняется.

Часть 4. Мистика топологических абстракций

«Глядит ли кто, разинув рот, вверх или же, прищурившись, вниз, когда пытается с помощью ощущений что-либо распознать, все равно, утверждаю я, он никогда этого не постигнет, потому что для подобного рода вещей не существует познания и человек при этом смотрит не вверх, а вниз, хотя бы он и лежал навзничь на земле или умел плавать на спине в море».

Платон. Государство

«Теорию множеств и всю математику разумнее представлять себе так, как мы представляем теоретические разделы естественных наук — состоящими из истин или гипотез, правильность которых подтверждается не столько сиянием безупречной логики, сколько косвенным систематическим вкладом, который они вносят в организацию эмпирических данных в естественных науках».

Уиллард Ван Орман Куайн. Философское значение современной логики»

«Ученый — человек практический и преследует практические цели. Он не ищет истину в последней инстанции, а довольствуется приближением к ней. Он говорит не об окончательном результате, а об очередном приближении. Не в его вкусе те изящные структуры, которые столь эфемерны, что один-единственный изъян приводит к гибели всего целого. Ученый строит медленно и возводит постройки, быть может, несколько грубоватые, но зато прочные. Если какая-нибудь часть возведенного им сооружения ему не понравится, он с готовностью заменяет ее, не причиняя ущерба остальному зданию даже в том случае, когда неудачная

часть расположена вблизи самого основания. В целом он доволен своей работой, ибо, хотя наука никогда не была полностью права, она заведомо никогда целиком не заблуждалась и совершенствовалась от десятилетия к десятилетию.

Полагать, что существует истина в последней инстанции, хотя такая точка зрения распространена необычайно широко, не очень полезно для науки; она годится разве как указатель горизонта, к которому можно стремиться, но не пункт, которого можно достичь».

Гилберт Льюис. Анатомия науки

Гл. 1. Многомирье

«Из принципов общей теории относительности вытекает, что в нашем прошлом должна была существовать сингулярность. Вблизи этой сингулярности нельзя определить полевые уравнения. В результате классическая общая теория относительности сама приводит к собственной гибели: она предсказывает, что не может предсказать Вселенную… Если законы физики могут нарушаться при зарождении Вселенной, почему они не могут нарушаться еще где-то? В квантовой теории есть принцип, который говорит, что может произойти что угодно, если только это не абсолютно запрещено. Если допускается, что сингулярные истории в прошлом могут давать вклад в интеграл по путям, они могут проявиться где-нибудь еще и предсказательность теории полностью теряется. Если законы физики нарушаются в сингулярностях, они могут нарушаться в любом другом месте».

Стивен Хокинг. Природа пространства и времени. Квантовая космология

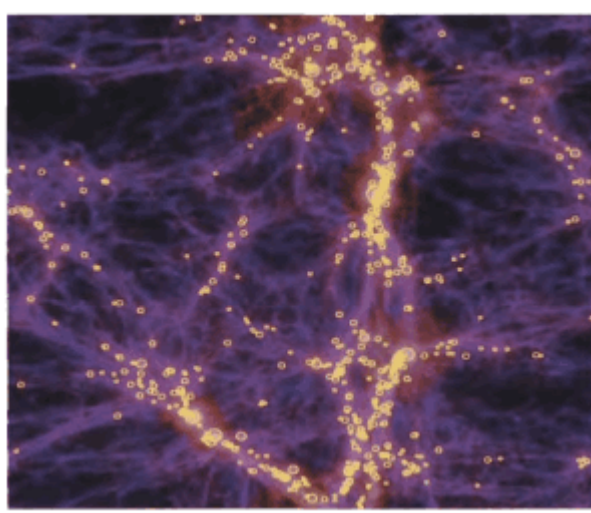


Рис. 54. Многомирье фридмонов

Полностью замкнутый мир по идее никак себя внешне не проявляет: из него не проникают наружу даже световые

-161-

лучи. Значит, снаружи он должен представлять для стороннего наблюдателя нечто, не имеющее ни размеров, ни массы, ни электрического заряда. Таким образом, в нашем воображении вырисовывается совершенно фантастическая картина. Быть может, и наша Вселенная со всеми ее солнцами, млечными путями, туманностями, квазарами — всего лишь один из фридмонов. Впрочем, фридмоны необязательно должны заключать в себе только гигантские мироздания. Их содержимое может быть и более скромным: например, содержать в себе одну лишь галактику, звезду…

Многое в анализе теоремы Пуанкаре — Перельмана говорит о том, что если абстрактные топологические построения действительно соответствуют окружающей физической реальности, то и вся наша Вселенная вполне может быть многомерна не только в пространстве, но и во времени. При этом, конечно же, естественно считать, что дополнительные пространственно-временные координаты скрыты где-то в невообразимо далекой глубине Мироздания. Но самое главное тут — построить геометризированный путь топологических инвариантов, лежащих в основе нашей проблемы Пуанкаре, и проследить их путь от планковских масштабов до метагалактического радиуса Вселенной.

Тут можно вспомнить работы выдающегося советского ученого М. А. Маркова. Физик-теоретик, работающий в областях квантовой механики, классической электродинамики, квантовой теории поля, физики элементарных частиц, теории гравитации, физики нейтрино, космологии, методологии физики, академик Марков одним из первых использовал метод многовременного формализма; выдвинул идею создания теории нелокализованных полей; разработал концепцию динамически деформированного форм-фактора и предсказал возможность существования большого количества возбужденных состояний мезонов и барионов с малым временем жизни — открытых позднее резонансов; предложил программу решения проблем физики элементарных частиц на ускорителях; разрабатывал модели и классификацию частиц, предложил модель предельно массивной частицы —

-162-

максимона и частицы минимальных размеров, содержащей сколлапсировавшийся фридмановский мир, — фридмона;

рассмотрел возможные сценарии развития Вселенной и указал на возможность избежать сингулярности при ее сжатии. Моисей Александрович создал совершенно парадоксальный математический образ подобного мира и назвал такие образования фридмонами — в честь впервые указавшего на возможность их существования знаменитого математика А. А. Фридмана.

Концепцию эволюции Вселенной в образе мегагигантской квазичастицы — фридмона — можно попытаться понять, представив внешнее протопространство со стрелой времени и сторонним наблюдателем с часами, не принадлежащим нашей Вселенной. Таким образом, весь Мир формально можно разделить на две главные части: демона-наблюдателя с его измерительными приборами и остальную Мультивселенную. Тогда волновые функций Мультивселенной будут определяться показаниями хронометра другого наблюдателя — демиурга, то есть собственным временем внешнего наблюдателя, отсчитываемым на хроноквантовой стреле. Эта зависимость от времени в некотором смысле объективна: результаты, полученные различными внутренними обитателями мультимиров, живущими в одном и том же хроноквантовом состоянии Вселенной, будут абсолютно совпадать.

Если исходить из теории фридмонов, то получается, что любая элементарная частица, в принципе, может оказаться входом в иные миры. Проникнув через ее поверхность, мы можем очутиться в иной Вселенной с трудновообразимым содержимым, причудливыми галактиками, населенными странными цивилизациями. Оглянувшись же назад, мы бы увидели, что наша родная Вселенная сжалась до микроскопических размеров. Если бы мы захотели вернуться назад, то пришлось бы снова проделать весь путь по коридору между мирами. Путешествуя по различным фридмонам, мы встречали бы каждый раз новую реальность, и наше перемещение по иным мирам могло бы продолжаться до бесконечности. Интересно, что такие путешествия могли бы привести не только к перемещениям в пространстве, но и к перемещениям во времени.

-163-

Однако сравнение это лишено размаха, присущего самой физической теории, о которой идет речь. В реальности речь должна идти не о тысячах изображений одной вещи, но о великом множестве копий каждого предмета, участвующего в событиях. Любой из нас, если природа следует статической концепции времени, должен иметь на своей мировой линии впереди и позади себя тьму-тьмущую двойников, добавочных экземпляров

самого себя. Конечно, двойниками они являются только тогда, когда находятся сравнительно недалеко друг от друга во времени. Чем глубже в прошлое, тем явственнее ваши двойники молодеют, чем дальше в будущее — тем старше они становятся.

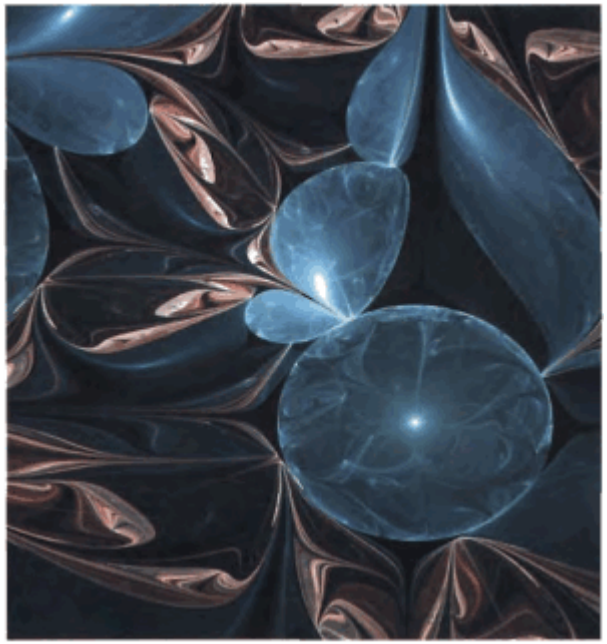


Рис. 55. В глубине Мироздания: переплетение мембран, фридмонов и максимонов

«Дополнительные размерности могут представать полностью свернутыми или по своей малости недоступными современным измерительным приборам, либо огромными, чуть ли

не бесконечными. Согласно одной из таких теорий, все размерности Вселенной вначале были одинаковой величины, но затем разделились и изменяли свою величину по мере расширения и охлаждения Вселенной. Трудность в выборе какой-либо теории данного рода обусловлена тем, что наш опыт или интуиция неприменимы к размерностям, выходящим за рамки четырехмерного мира, в котором мы живем».

Артур Уиггинс, Чарльз Уинн. Пять нерешенных

Такую картину мира иногда сравнивают с кинолентой: каждый ее кадр существовал и до того, как увеличенным попал на экран, но зритель-то видит его именно в этот, и только в этот момент.

Сами термины «прошлое», «настоящее» и «будущее» утрачивают свой привычный для нас смысл, ведь прошлым мы называем ушедшее, исчезнувшее, будущим — то, что появится, а тут ничто в мире не уходит, как и не приходит, все существует навечно, насовсем. А чтобы разобраться в порядке событий во времени, нужно только установить их последовательность друг относительно друга — одно из них случилось раньше другого, но позже третьего.

Тем не менее опыт развития науки учит нас, что здание Мироздания едино. И если на одном из его бесчисленных этажей мы найдем атомы пространства в виде неделимых ячеек объема нашего Мира, то на соседнем этаже, скорее всего, будут присутствовать и атомы времени. Так что в этом смысле мы вполне можем говорить о возможности существования неких частиц времени, назовем их хрононами. Однако если мы хотим говорить о реальности возможных путешествий во времени, а тем более о неких гипотетических аппаратах, преобразующих время, то нам, конечно же, необходимы эксперименты, которые бы позволили отыскать хотя бы признаки таких хрононов. Предварительные расчеты показывают, что в подобных опытах необходимо будет разгонять микрочастицы до энергии порядка десятков миллиардов джоулей. Много это или мало? Например, самые мощные ускорители, которые планируется построить в ближайшее время, смогут обеспечить едва ли миллиардную долю этой энергии. По всей вероятности, подобный ускоритель будет

построен довольно нескоро, ведь для его работы понадобятся огромные энергетические ресурсы.

Ко всему прочему такой чудовищный экспериментальный прибор вряд ли вообще получится разместить на Земле из-за его явной неэкологичности. Подобные эксперименты лучше всего вообще проводить в космосе. Впрочем, космос прямо сейчас может помочь физикам в этом вопросе. Ведь в «Неистовой Вселенной», как писал видный астрофизик конца прошлого века Дж. Нарликар, всегда можно найти процессы намного более энергичные, чем требуемые. Эти «космические ускорители для бедных», как называют их сами ученые, можно встретить в самых

разных уголках Метагалактики. Что же разгоняет в них частицы до совершенно невообразимых энергий? Прежде всего это магнитные и электрические поля массивных быстро вращающихся нейтронных звезд и, возможно, замерзших коллапсаров — черных дыр. Тут, конечно же, возникает проблема возможности наблюдения за результатом работы космических ускорителей, но это уже вполне решаемый вопрос для современной науки. Подобным целям уже много лет служат орбитальные астрофизические лаборатории, вращающиеся вокруг Земли.

В современной науке любое исследование физических свойств времени все чаще связывается с принципами квантовой физики. Так, в картине Мироздания физики вполне определенно выделяют минимальные размеры планковских ячеек пространства, называя их фундаментальной длиной — квантами пространства. Чтобы еще раз представить их фантастически маленький размер, давайте увеличим размер таких клеток пространства до одного сантиметра, тогда диаметр обычного атома прыгнул бы в размерах до 30 миллиардов световых лет, в два раза превзойдя размер видимой Вселенной — Метагалактики. Атом — это минимальный реально наблюдаемый в электронный микроскоп микрообъект, фотографии которого можно увидеть на страницах школьных учебников. Следующая веха на пути в глубины материи — атомное ядро. Если повторить наше сантиметровое увеличение планковской ячейки пространства, то ядро атома превратится в галактику, подобную нашему Млечному Пути, по которой свет будет путешествовать 300000 лет.

Еще труднее представить себе элементарный атом времени — *хроноквант.*Его длительность в секундах равна времени прохождения светом со скоростью 300000 километров в секунду фундаментальной длины планковской ячейки пространства.

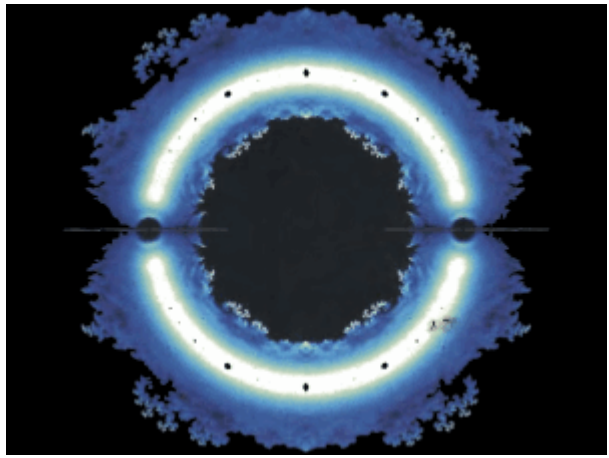


Рис. 56. Проективный образ квазизамкнутого мира квантового вакуума с многосвязной топологией Пуанкаре — Перельмана

«В современной квантовой физике квантовый вакуум — состояние системы с минимальной энергией, которое определяется уравнениями волновой механики и специальной теории относительности. Однако это существенно больше, чем состояние системы: это также зона, где таинственное поле "нулевой точки" проявляет себя. Энергия этого поля появляется, когда все прочие, более обычные формы энергии исчезают — отсюда и название "нулевая точка". Энергии в этой точке носят "виртуальный" характер: они не совпадают с классическими гравитационными, электромагнитными или ядерными силами. Скорее это истинный источник электромагнитных, гравитационных и ядерных сил в космосе. Как таковые они являются также источником тех энергий, которые связаны с массой, — частицами вещества, заполняющего известную Вселенную.

Технические определения энергетического поля "нулевой точки", служащего основанием квантового вакуума, отмечают море почти бесконечной энергии, в котором частицы материи обладают

неожиданной субструктурой. Согласно расчетам английского физика Поля Дирака, у всех частиц в состояниях с положительной энергией есть партнеры с

отрицательной энергией (по современной терминологии это античастицы, которые были открыты экспериментально). Энергии "нулевой точки" образуют в квантовом вакууме "море Дирака": море частиц в состояниях с отрицательной энергией. Хотя наблюдать эти частицы невозможно, они не являются фиктивными. Возбуждая состояния с отрицательной энергией в вакуумном поле "нулевой точки "с помощью достаточных импульсов энергии (порядка 10 ^{27}эрг/см ^{3}), можно "перебросить" участок этого поля в состояние с положительной энергией — реальное, иными словами, наблюдаемое. Этот процесс известен как парная генерация: одновременно с реальной частицей вне поля возникает ее античастица. Поэтому где бы ни находилась материя, там присутствует и "море Дирака": наблюдаемая Вселенная повсюду плавает на его поверхности».

Эрвин Ласло. Шепчущий пруд

До сих пор в науке не утихают бурные споры о природе нашей реальности на «планковском уровне» микромира Каких только невероятных гипотез нет на эту тему! Одни физики-теоретики говорят, что именно на этой глубине материи можно заметить признаки мгновенного ветвления нашей Вселенной на мириады миров, в каждом из которых экспериментатор получает разные результаты одного и того же опыта Другие вполне серьезно утверждают, что именно здесь спрятан «рулевой механизм», позволяющий управлять окружающей действительностью — «сверхсознанием» наблюдателя. Третьи то ли в шутку, то ли всерьез указывают на признаки разумного действия элементарных частиц и атомов! Многие романы современных писателей-фантастов выглядят на этом фоне очень блекло и невыразительно!

Какие же еще перспективы открывает нам введение в физическую картину Мира еще одной фундаментальной величины времени — хронокванта?

В свое время, в мою бытность аспирантом замечательного ученого Льва Самойловича Палатника, мне посчастливилось обсуждать эти вопросы с ним, а также с видными физиками-теоретиками Моисеем Исааковичем Кагановым и Игорем

-168-

Ивановичем Фалько. Не избегали мэтры науки и острых тем, связанных с реальностью создания машины времени, течением

времени при подпространственных переходах, временными парадоксами при падении исследовательских зондов на коллапсары и гипотетическим преодолением ими светового барьера. Все они неоднократно подчеркивали, что будущая теория времени внесет много нового и оригинального и в квантовую космологию, и в теорию сверхэлементарных частиц. Наверное, именно тогда у меня и пробудился глубокий интерес к изучению сложных комплексных моделей временных процессов, нашедших свое отражение в теории квантов времени — *квантовой хронодинамике.*

Согласно принципам квантовой хронофизики, время в космологической сингулярности также должно само по себе распадаться на кванты. Поэтому и вопрос о *досингулярном состоянии*теряет изрядную долю смысла. Впрочем, все чаще теоретики пытаются любыми способами обойти «запрещенную реальность» космологической сингулярности Большого Взрыва. Особенно успешно это можно сделать в хроноквантовой физике, посчитав, что рождение Вселенной произошло не в бесконечных глубинах прообраза пространства-времени (которое, несомненно, должно было бы переродиться во что-то крайне непонятное), а в четко определенных границах самого первого хронокванта.

Здесь у исследователей хроноквантов еще достаточно неясных моментов. Например, один из ведущих космологов современности академик Игорь Дмитриевич Новиков считает, что вблизи «сингулярного начала начал» существовала своеобразная *квантовая пена,*или *квантовые флуктуации пространства-времени.*В этом удивительном состоянии возникают и мгновенно исчезают *виртуальные*(мнимые) черные и белые дыры, а также целые коконы замкнутых миров. Это сверхмикроскопическое бурление пространства-времени напоминает непрерывную генерацию-аннигиляцию виртуальных частиц в физическом вакууме. Ситуацию сильно осложняет и неоднозначная структура пространства, которое в столь малых масштабах и при столь высоких энергиях,

вполне возможно, является многомерным. Эти дополнительные измерения, которые мы не замечаем из-за того, что они свернуты и скручены (компактифицированы) в окружающей нас реальности, вблизи сингулярности могут во многом определять течение физических процессов.

Что же можно сказать о времени до начала Вселенной? Возникло ли время вместе с нашим миром или существовало вечно? Сегодня в среде физиков-теоретиков все больше принимается точка зрения о том, что время в сверхплотном

состоянии космологической сингулярности принципиально меняет свои свойства. При рождении новых вселенных из вакуумной пены происходит формирование физических законов и изменение всех физических параметров, включая размерности пространства и времени. Как же квантовая хронодинамика описывает сам процесс формирования потока времени?

Рис. 57. Мегагигантская квазичастица — фридмон

«Стало известно, что наша наблюдаемая Вселенная была порождена квантовым вакуумом, когда его область (вакуум Минковского) перешла в состояние взрывной нестабильности и расщепилась на материю и гравитацию. И это было громадное энергетическое поле, которое, со-

гласно теории Робертсона — Уолкера, в результате более спокойной фазы расширения Вселенной обусловило синтез материальных частиц, которые существуют в пространстве и времени. Известно также, что квантовый вакуум — это не только источник, но и поглотитель вещества во Вселенной. Знаменитая теория черных дыр Стивена Хокинга предсказывает, что на горизонте событий черной дыры одна из синтезированной из вакуума пары частиц вылетает в окружающее пространство, в то время как парная ей античастица захватывается черной дырой, где и исчезает — в вакуумном поле нулевой точки. Это поле содержит энергию с неопределенной плотностью. Джон Уилер оценил ее материальный эквивалент как 10^{94}г/см ^{3}. Эта величина, на первый взгляд не столь выразительная, в действительности больше, чем масса всего вещества в известной Вселенной. По сравнению с этим уровнем энергии плотность энергии в атомных ядрах — наиболее высокий энергетический эквивалент материи в космосе — кажется крошечной: это всего 10^{13}г/см ^{3}. Если энергии вакуумного поля "нулевой точки" — это обычные положительные энергии, то Вселенная могла бы немедленно коллапсировать к размеру меньше, чем булавочная головка (или даже порядка радиуса атома). Это следует из знаменитой формулы Эйнштейна $E = mc^2$, которая определяет эквивалентность массы и энергии.

> Реальная энергия, связанная с массой, соответствует специфической величине гравитации, поэтому потрясающие вакуумные энергии, если это реально, могли бы обеспечить конденсацию всех разлетающихся звезд и галактик в катастрофическом и совершенно невообразимом "хрусте"».
>
> *Эрвин Ласло. Шепчущий пруд*

Прежде всего надо привыкнуть к мысли, что, если мы хотим построить полноценную модель квантового времени, объясняющую многие космологические и физические парадоксы, нам придется решительно отказаться от целого ряда «бытовых» штампов. Самое трудное — это вникнуть в образ непрерывной динамики потока времени. В начале Большого Взрыва наблюдаются непрерывные рождения вселенных, то есть с высочайшей скоростью через каждый хроноквантовыи промежуток (это часть

-171-

секунды, выраженная дробью с 44 нулями в знаменателе) космологическая верфь «Сингулярность Мультиуниверсум» отправляет в путь по реке времени корабль нового мира. Собственно говоря, эта практически бесконечная вереница вселенных, сцепленных квантовыми закономерностями, и составляет образ квантового мультитемпорального Универсума или, проще говоря, того самого времени, в котором мы и живем.

Чтобы представить себе течение квантового времени в нашем Мире, давайте обратимся к давней традиции физики создавать сказочных существ, наделенных сверхъестественными способностями, таких как демон Максвелла из школьной термодинамики. Однако у нас ситуация сложнее и нам придется создать целый исследовательский отдел потусторонних наблюдателей во главе со старшим демоном — *демиургом.*Демиург, конечно же, занимает самую выгодную позицию за лабораторным столом Мультиверса, имея возможность изучать его строение из бесконечной глубины безграничного вселенского «ничто». Структура Мультиуниверсума предстает перед всепроникающим взором демиурга наподобие своеобразной «луковицы миров», где каждая из множественных вселенных представляет собой замкнутую оболочку изолированного мира. Ну а в самом центре «луковицы» Мультимира демиург с любопытством зафиксирует призрачные сполохи главной вселенской тайны — космологической сингулярности Большого Взрыва, о которой так не любят

говорить ученые и так любят рассуждать философы.

Впрочем, он тут же вспомнит полученный накануне свыше указ считать космологическую сингулярность обычным катастрофическим процессом во Вселенной, ну разве что сопровождающимся переходом из «иномирья» в «этомирье» путем не совсем понятного изменения размерности пространства-времени. Довольно почесав кончиком хвоста за ухом и полистав пудовый фолиант формул с горящими литерами « *М*-теория суперструн», демиург решит, что в высших сферах наконец-то приняли что-то толковое, ведь

-172-

иметь дело с сингулярными бесконечными плотностями материи и энергии и нечистой силе не очень-то приятно… Теперь, поскольку понятие главной сингулярности волевым решением аннулировано, можно и попристальнее вглядеться в феерический процесс рождения новых миров, с немыслимой хроноквантовой частотой возникающих в катаклизме квантовых флуктуаций колеблющегося марева первичного поля — *инфлатона.*

С горечью демиург задумался над тем, насколько проще выглядел бы Мир, если бы в свое время высшие силы приняли его предложение отправлять всех без исключения участников Сольвеевских конгрессов на перевоспитание во внутренние круги адского Мироздания, так талантливо описанного Данте Алигьери… А ведь как аргументированно была составлена докладная записка на самый верх… и к ней даже была приложена эпиграмма кембриджских студентов:

Был этот Мир туманной мглой окутан.
Да будет свет! И вот явился Ньютон!
Но сатана недолго ждал реванша.
Пришел Эйнштейн — и стало все как раньше!

Скорее всего, именно из-за этого злополучного плода творчества английских студентов-юмористов, так обидевшего Потустороннее Руководство, докладная записка «О вопиющем вреде, наносимом науке и природе физиками-теоретиками» и была так решительно отклонена…

Впрочем, уже через несколько миллиардолетий грустные мысли уставшего от непрестанного мелькания возникающих, растущих и лопающихся пузырей вакуумной пены, окутывающей бесконечную череду инфляционных дочерних вселенных, руководящего демона рассеялись и он впал в сладостную дрему.

«По мере расширения браны объем пространства высокой размерности внутри нее будет увеличиваться. В

конце концов образуется колоссальный пузырь, окруженный браной, на котором живем мы. Но действительно ли мы живем

-173-

на бране? Согласно голографической идее… информация о том, что происходит внутри области пространства-времени, может быть закодирована на ее границе. Так что, быть может, мы думаем, что живем в четырехмерном мире, потому что представляем собой лишь тени, отбрасываемые на брану тем, что происходит внутри пузыря. Однако, придерживаясь позитивистской точки зрения, нельзя спросить: "Что есть реальность: брана или пузырь?" И то и другое — математические модели, которые описывают наблюдения. Каждый свободен использовать ту модель, которая ему наиболее удобна. Что находится снаружи браны?..

Снаружи может не быть ничего… Можно представить себе математическую модель, которая будет просто браной с многомерным пространством внутри, за пределами которой нет абсолютно ничего, даже пустого пространства. Предсказания такой математической модели можно рассчитать без всяких ссылок на то, что снаружи…

Можно построить математическую модель, в которой внешняя сторона пузыря будет приклеена к внешней стороне другого пузыря…

Пузырь может расширяться в пространство, которое не является полной копией того, что внутри… Могут образовываться и расширяться другие пузыри. Их столкновение и слияние с пузырем, на котором живем мы, чревато катастрофическими последствиями. Есть даже предположение, что сам Большой Взрыв мог случиться из-за столкновения между бранами».

Стивен Хокинг. Мир в ореховой скорлупке. О дивный браны мир

Во сне ему, конечно же, привиделся образ Многомирья, так напоминающий пышную шапку пены над запотевшей пивной кружкой (образ известного английского физика-теоретика Ричарда Гута). Поэтому проснувшийся демиург тут же принимает решение передать эстафету соблюдения мирового порядка в

Мультиверсе своим младшим собратьям — демонам-наблюдателям, рассаженным по отдельным мирам, а самому отправиться несколько освежиться в одну

-174-

знакомую Вселенную, славящуюся осенним элем, романами Клиффорда Саймака и заповедниками гоблинов.

Во время отсутствия начальства каждый из внутренних наблюдателей уже успел вообразить себя кондуктором вагончика-Мироздания, стремительно летящего по стреле-монорельсу времени в неизвестность будущего. Надо сказать, что, по многочисленным отзывам самих демонов, внутри своего мира они чувствуют себя вполне комфортно: здесь течет свое время, рождаются и гибнут галактики и, в общем-то, идет нормальная эволюция локальной Вселенной. Всмотримся в наблюдательный пост одного из этих сверхъестественных созданий теоретической физики. Удобно расположившись на мнимой оси Мира, наш демон удовлетворенно рассматривает раскинувшиеся перед ним соты скоплений галактик. Однако вскоре его благодушному настроению приходит конец из-за раздражающего периодического хриплого мяуканья полуживого шредингеровского кота, клетка с которым вместе с портативной системой кошачьего *полуумертвителя*входит в обязательный набор демонического научного инструментария. Попеняв вредному созданию великого теоретика и подумав в очередной раз о том, чем же так досадило Шредингеру в свое время кошачье племя, демон тычет кочергой в кошачью клетку, отчего мяуканье переходит в хриплый пульсирующий вой.

Не выдержав оглушительного кошачьего концерта, младший бес садится писать длинную жалобу демиургу, сетуя на невозможные условия работы в присутствии кошмарного порождения одного из основателей квантовой механики, очень досаждающего своим шумным оживлением через каждый хроноквант потока времени. Скучающий в «небытии» демиург, только что вернувшийся с третьей Планеты желтого карлика на окраине галактики Млечный Путь, незамедлительно присылает ответ по сверхпространственной почте, от которого шерсть демона становится дыбом, а хвост закручивается в спираль Мебиуса. Забыв о вредном коте, бес стремительно летит в тамбур своего вагончика-Мироздания и распахивает дверь, переходящую в сверхпространственный

-175-

портал… Тут его изумленному взору и предстает весь вселенский состав Мультиверса с клацающими буферами запутанных квантовых состояний и практически бесконечным

количеством судьбоносных стрелок, стремительно перебрасываемых духом Хьюго Эверетта-младшего на каждом хроноквантовом стыке монорельса космологической стрелы времени. С трудом придя в себя и испуганно захлопнув обратно подпространственный туннель в иные миры и времена, демон начинает осознавать, что не только мерцающая жизнь квантового кота, но и его личная судьба в реальности данного мира решается каждый хроноквант времени, локализуясь в полном соответствии с квантовой теорией Мультиверса в новую историческую последовательность хроноквантовых вселенных.

Постепенно демон успокаивается и даже проникается неким сочувствием к замолкнувшему в очередной раз коту. Размышляя над фатальным роком, он глубоко задумывается над судьбой своих бесчисленных хроноквантовых копий… Тут к его копытам падает следующий толстый конверт сверхпространственной почты с горящими адским огнем печатями самого демиурга. Пораженный столь непривычным вниманием начальства, демон дрожащими когтями разрывает пакет и обнаруживает целую кипу научных статей Эверетта, Уиллера, Новикова, Линде, Старобинского, Киржница и др. Зачитавшись удивительными физическими фантазиями земных теоретиков, демон не замечает, как Вселенский маятник отсчитывает еще одно многомиллиарднолетнее мгновение вечности… Наконец он, шумно зевая, останавливается на какой-то статье неизвестного украинского физика «Миры Мультиуниверсума» и, задумчиво почесывая заметно подросшую бородку, начинает усиленно размышлять над расходящимися веерами удивительных миров Эверетта — Уиллера, последовательными универсумами Виленкина, возникновением объективной реальности в инфляционном пароксизме Большого Взрыва и многими другими, очень странных даже на сверхъестественный взгляд потустороннего разума вещами…

Рис. 58. Псевдоевклидова ячейка пространства-времени в топологии Пуанкаре — Перельмана по отношению к суперсимметричному хроноквантовому планкеону

> «Суперсимметрия — это свойство наших современных математических моделей, которое можно описывать разными способами. Один из подходов состоит в том, чтобы объявить пространство-время имеющим дополнительные измерения помимо тех, с

которыми мы знакомы на практике. Они называются размерностями Грассмана, поскольку отсчеты, производимые вдоль них, описываются грассмановскими, а не обычными действительными числами. Обычные числа коммутативны; не имеет значения, в каком порядке вы их перемножаете… Однако грассмановские величины антикоммутативны…

Суперсимметрию впервые стали применять для исключения бесконечностей в материальных полях и полях Янга — Миллса в пространстве-времени, все измерения которого, как обычные, так и грассмановские, были плоскими, а не искривленными. Это привело к появлению ряда теорий, называемых супергравитацией, с разной степенью суперсимметрии. Одно из следствий суперсимметрии состоит в том, что у любого поля или частицы должны быть "суперпартнеры" со спином либо на $^1/_2$больше, либо на $^1/_2$меньше».

Стивен Хокинг. Мир в ореховой скорлупке. Форма времени

-177-

Тут надо немного отвлечься от научной демонологии и заметить, что и с философской точки зрения окружающий нас материальный мир, несмотря на всю его сложность и многогранность, органически един и понятие времени неразрывно связано с происходящими в нем явлениями. Таким образом, нет ничего необычного в том, что всеобщий принцип атомизма должен распространяться и на длительность событий в нашей Вселенной. В этом смысле мы вполне можем говорить о возможности существования неких ячеек времени, атомов времени, частиц времени и даже поля времени — хронополя.

Известный российский физик А. Д. Чернин в своей хрестоматийной «Физике времени» рассуждает так: *«Говоря математически, время, характеризующее темп расширения, стремится к нулю при приближении к сингулярности.*

Выходит, что вблизи сингулярности счет времени идет уже не на астрономические единицы, а на кратчайшие мгновения, характерные для микромира. Отсюда и важность квантовых эффектов, их ведущая роль в самом начале расширения…

Рассматривая состояния, все более и более близкие к сингулярности, мы видим, что одна из наших величин — время — неограниченно убывает. Но если речь идет о промежутках времени, стремящихся к нулю, то, значит, и неопределенность в длительности этих промежутков тоже стремится к нулю. Что

же происходит при этом с энергией? Неопределенность в ней тем больше, чем меньше неопределенность во времени. Поэтому квантовая неопределенность энергии должна неограниченно расти, стремясь к бесконечности, когда время стремится к нулю. Ясно, что бесконечностью ни в каком случае нельзя пренебрегать. И, таким образом, важность квантовых эффектов на самых первых этапах расширения становится очевидной…

А что могло бы означать планковское значение времени (10 $^{-45}$секунд)?.. В духе космологических соображений ее нужно, вероятно, понимать как квантовую неопределенность в момент начала расширения. Этот мельчайший отрезок вре-

мени должен тогда рассматриваться как нерасчленимый — внутри него нельзя выделить какие-то отдельные моменты, которым соответствовали бы те или иные "промежуточные" состояния Вселенной. Пусть это и не универсальный атом времени, но это квантовая мера точности, с которой мы можем судить о времени в начальной Вселенной.

Начального нуля времени нет, нет и нуля размера. Вселенная начиналась как квантовая система, и квантовые неопределенности составляли самое существо ее исходных физических свойств. Так квантовая теория толкует смысл космологической сингулярности».

Что же нового дает такая парадоксальная картина окружающей реальности и почему она, начиная с середины прошлого века, привлекает самое пристальное внимание физиков-теоретиков?

Во-первых, она дает возможность построить хотя бы приблизительную непротиворечивую картину возникновения нашей Вселенной с «нулевой точки» и — даже более того — в определенном смысле заглянуть за занавес сингулярности Большого Взрыва.

Во-вторых, мы получаем еще один вариант обоснования квантового фундамента современной физики, возвращаясь к знаменитому спору великих Альберта Эйнштейна и Нильса Бора.

В-третьих, наконец-то возникает непротиворечивая физическая концепция времени, включающая объяснение всех спорных моментов статического, динамического, реляционного и субстанционального течения явлений и процессов в окружающем нас мире.

Один из авторов современной геометризированной концепции квантового времени Дэвид Дойч в своей культовой книге «Структура реальности» приводит следующие рассуждения: *«Если бы Мультиверс буквально был коллекцией пространств-*

времен, квантовая концепция времени ничем не отличалась бы от классической… Единственная разница заключалась бы в том, что в конкретный момент

-179-

в Мультиверсе вместо одной Вселенной существовало бы множество. Физическая реальность в определенный момент была бы, в действительности, суперснимком, состоящим из снимков многих различных вариантов всего пространства. Вся реальность все время была бы пачкой всех суперснимков, также, как классически она была пачкой снимков пространства. Из-за квантовой интерференции каждый снимок уже не определялся бы полностью предыдущими снимками того же самого пространства-времени (хотя приблизительно определялся бы, потому что классическая физика часто является хорошим приближением квантовой физики). Однако суперснимки, начиная с определенного момента, полностью и точно определялись бы предыдущими суперснимками. Абсолютный детерминизм не породил бы абсолютную предсказуемость даже в принципе, потому что для предсказания необходимо знание того, что произошло во всех вселенных, а каждая наша копия может напрямую воспринимать только одну Вселенную. Тем не менее, что касается концепции времени, рисунок почти ничем не отличался бы от пространства-времени с последовательностью моментов, связанных детерминистическими законами, только в каждый момент происходило бы больше событий, но большинство их было бы скрыто от любой копии любого наблюдателя».

В чем-то действительно трудно не согласиться с тезисами этого оригинального теоретика современности, однако сразу же бросается в глаза и явная парадоксальность подобных умозрительных построений. Для окончательного вывода давайте попробуем применить результаты теоремы Пуанкаре — Перельмана к геометризованному пространству-времени. Здесь мы сразу же получаем ожидаемый результат: хроноквантовый объем атемпоральной планковской ячейки тут же стягивается в условную точку реализации произвольного события.

Профессор Дойч объясняет подобные формализации для квантового мира следующим образом: *«Чтобы понять квантовую концепцию времени, представим, что мы разрезали Мультиверс на множество отдельных снимков точно так*

-180-

же, как делали бы это с пространством-временем. С помощью чего мы можем снова склеить их? Как и раньше, законы физики и внутренние физические свойства снимков являются единственным приемлемым клеем. Если бы время в Мультиверсе было

последовательностью моментов, должна была бы существовать возможность распознавания всех снимков пространства в данный момент, словно мы собираем их в суперснимок. Неудивительно, что, оказывается, не существует способа сделать это. В Мультиверсе снимки не имеют "временных печатей". Не существует такого понятия, что снимок из другой Вселенной оказывается в тот же самый момент определенным снимком в нашей Вселенной, поскольку это опять неявно выражало бы, что вне Мультиверса существуют временные рамки, относительно которых происходят все события в Мультиверсе. Таких рамок не существует.

Следовательно, не существует фундаментального разграничения между снимками других времен и снимками других вселенных. В этом и заключается особый смысл квантовой концепции времени: другие времена — это всего лишь особые представители других вселенных».

Гл. 2. Топология квантового хронотопа

«Мы вынуждены сделать вывод, что в физике пространства-времени условные высказывания с ложными посылками ("если бы Фарадей умер в 1830 году…") не имеют смысла. Логики называют такие высказывания условными, противоречащими фактам и определяют их как традиционно парадоксальные. Все мы знаем, что значат такие высказывания, однако как только мы пытаемся точно изложить их смысл, кажется, что он тут же улетучивается. Источник этого парадокса не в логике и не в лингвистике, а в физике — в ложной физике пространства-времени. Физическая реальность — это не пространство-время. Это гораздо большая и более многообразная категория — Мультиверс. В первом приближении Мультиверс подобен огромному количеству сосуществующих и мало взаимодействующих пространств — времен. Если пространство-время подобно пачке снимков, причем каждый снимок является всем пространством в один момент, то Мультиверс подобен огромной коллекции этих пачек. Даже это немного неправильное изображение Мультиверса уже способно согласовать причины и следствия».

Дэвид Дойч. Структура реальности

«Могут ли его (времени. — Прим. автора) отрезки принимать в различных физических явлениях сколь угодно малые значения? Или время состоит из отдельных кратких мгновений, которые не допускают уже дальнейшего дробления? В первом случае время было бы подобно энергии — для его отрезков не существовало бы нижнего предела. Во втором случае оно было бы похоже на электрический заряд и каждый его отрезок состоял бы из целою числа "элементарных мгновений" — атомов времени…

Фундаментальной длине, если она существует, должен отвечать и определенный промежуток времени…

Его получают просто делением этой длины на скорость света…

-182-

Не окажется ли эта исключительно малая длительность атомом времени? Если да, то это означало бы, что время течет не плавно и непрерывно, а отдельными толчками, как кровь в артерии. Конечно, в обычных условиях, да и в условиях микромира, эти толчки времени неразличимы из-за немыслимо малой их длительности».

А. Д. Чернин. Физика времени

В исторической ретроспективе выводы из теоремы Пуанкаре — Перельмана можно было бы попытаться связать с фазовым пространством модельной хронодискретизации, для которой уже знакомый нам Дэвид Дойч придумал оригинальный термин «мгновенный снимок Вселенной», или «мгновенный мировой снимок». Это, в принципе, позволяет совершенно с новой точки зрения, основанной на топологических преобразованиях теоремы Пуанкаре — Перельмана, строить новые сценарии эволюции Мироздания и даже рассматривать идеи о волновой функции Вселенной.

Физики часто пользуются словами как метафорами, а не как понятиями. Разница между ними огромная, так как через метафору можно образно осваивать окружающую действительность, а понятием можно только оперировать. Само Мироздание, представленное в формате мегамира, немыслимо без прошлого, настоящего и будущего. Прошлое к нам гораздо ближе, чем неизвестное будущее, но еще ближе — настоящее; хотелось бы, чтобы оно было соотнесено с мировым временем во всей его полноте, проще говоря — с вечностью.

Как известно, предсказания квантовой механики фундаментально вероятностны по своей сути, что заставляет неоднозначно толковать их с точки зрения сохранения причинности. Здесь часто возникает путаница понятий, ведь предсказания классической физики также вероятностны из-за сложности определения начального состояния и последующей эволюции многочастичных систем. В квантовой механике неопределенность принципиально следует из дополнительности квантовомеханических свойств и классического описания как вероятностного характера законов Вселенной.

Неполноту квантового координатно-импульсного представления формально можно скомпенсировать заданием пси-функции в начальный момент и следующие за ним, однако могут ли здесь существовать новые темпоральные подходы

-183-

к неоднократно обсуждаемой проблеме нарушения причинности в современной физической картине мира?

Профессор Дойч предлагает довольно оригинальный ответ, делая акцент именно на понятии Мультиверса: *«Снимки, которые мы называем "другими временами в нашей Вселенной", отличаются от "других вселенных" только с нашей перспективы, и только в этом законы физики особенно тесно связывают их с нашим снимком. Следовательно, наш снимок содержит наибольший объем свидетельств именно о существовании этих снимков. По этой причине мы и обнаружили их за тысячи лет до того, как открыли оставшуюся часть Мультиверса. которая, по сравнению с ними, очень незначительно взаимодействует с нами через эффекты интерференции. Для того чтобы говорить об этих снимках, мы создали специальные языковые конструкции (прошлые и будущие формы глаголов). Мы также придумали другие конструкции (такие как высказывания "если… то", условные и сослагательные формы глаголов), чтобы говорить о других типах снимков, даже не зная об их существовании. Традиционно мы относили эти два типа снимков — другие времена и другие вселенные — к абсолютно различным концептуальным категориям. Теперь мы видим, что это различие необязательно…»*

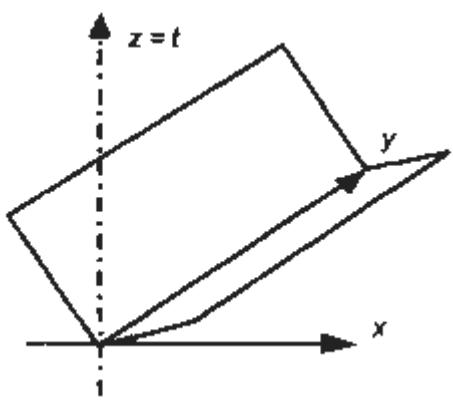


Рис. 59. Проекционная модель континуума Минковского: темпоральная *z* —ордината, определяет направление развития стрелы субстанционального времени, пространственная *x* — абсцисса, масштабирует степень экспансии континуальной метрики, *y*— ось рандомизации, определяет амплитуду

вероятности реализации какого-либо события в ходе преобразований Пуанкаре — Перельмана, где *xy*— плоскость пространственной, а *zy* —темпоральной рандомизации

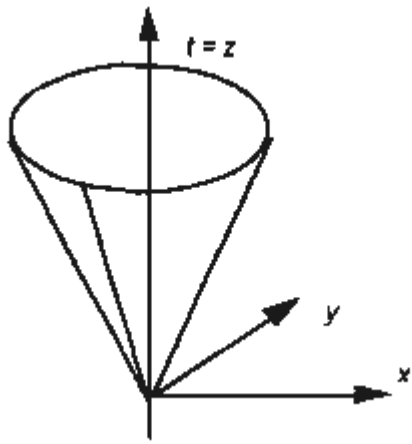


Рис. 60. Схема построения темпоральной оболочки вдоль оси субстанционального времени

Во внутреннем «фазовом» пространстве темпорального континуума метрические преобразования теоремы Пуанкаре — Перельмана приводят к свертке темпоральных оболочек в хроноквантовые точки на стреле субстанционального времени.

> «Сейчас в нашей груде гораздо больше снимков, но давайте снова начнем с отдельного снимка одной Вселенной в один момент. Если мы сейчас поищем в груде другие снимки, очень похожие на исходный, мы обнаружим, что эта груда весьма отличается от разобранного пространства-времени. Во-первых, мы находим много снимков, которые абсолютно идентичны исходному. В действительности любой снимок, который вообще присутствует, существует в бесконечном множестве копий. Таким образом, имеет смысл спросить не сколько снимков обладают таким-то свойством, а только какая часть бесконечного количества снимков обладает этим свойством. Ради краткости, говоря об определенном количестве вселенных, я всегда подразумеваю определенную часть от общего количества в Мультиверсе».

Динамика развития пространственно-временного континуума предполагает наличие квантуемого тензорного генератора сдвига по времени. Тогда собственное время материальных объектов разделится на динамически наблюдаемую

-185-

независимую и ненаблюдаемую абсолютную переменные. Это напоминает гипотезу Стивена Хокинга о реальном и мнимом времени: *«Чтобы описать, как квантовая теория придает форму времени и пространству, будет полезно ввести концепцию мнимого времени. Термин "мнимое время" звучит так, будто заимствован из научной фантастики, но это вполне определенная математическая концепция: время, измеряемое так называемыми мнимыми числами…*

Мнимые числа правомерно изобразить соответствующими отсчетами на вертикальной оси (обычной прямоугольной системы координат. —Прим. автора)… *положительные мнимые числа — вверху, отрицательные мнимые — внизу. То есть мнимые числа допустимо представлять себе как новый тип чисел, расположенных под прямым углом к вещественным числам…*

Можно подумать, будто мнимые числа — это просто математическая игра, не имеющая никакого отношения к реальному миру. С точки зрения позитивистской философии, однако, невозможно определить, что является реальным. Все, что можно сделать, — это находить математические модели, описывающие Вселенную, в которой мы живем. Оказывается, математические модели, использующие мнимое время, предсказывают не только эффекты, которые мы уже наблюдаем, но также эффекты, которые мы пока не можем измерить, но в которые верим по другим причинам».

Далее профессор Хокинг задается именно теми двумя вопросами, которые и сопровождают нас на протяжении всего рассказа о теореме Пуанкаре — Перельмана: «Так что же все-таки действительно, а что мнимо? Неужели вся разница существует лишь в нашем сознании?». В поисках ответов на эти вопросы английский теоретик обращается к примеру классической неквантовой общей теории относительности, объединяющей действительное время и три измерения пространства в четырехмерное пространство-время: *«Но направление действительного времени отличается от трех пространственных измерений: мировая линия, или история наблюдателя, всегда направлена в сторону возрастания действительного времени (это*

означает, что время всегда течет из прошлого

-186-

в будущее), но она может пролегать как в направлении увеличения, так и в сторону уменьшения любого из трех пространственных измерений. Иными словами, можно развернуться в обратную сторону в пространстве, но не во времени.

С другой стороны, поскольку мнимое время расположено под прямым углом к действительному, оно ведет себя подобно четвертому пространственному измерению. Поэтому оно может обладать гораздо более широким диапазоном возможностей, чем железнодорожная колея обычного действительного времени, которое может лишь иметь начало или конец либо замыкаться в круг. Именно в этом "мнимом смысле" время имеет форму».

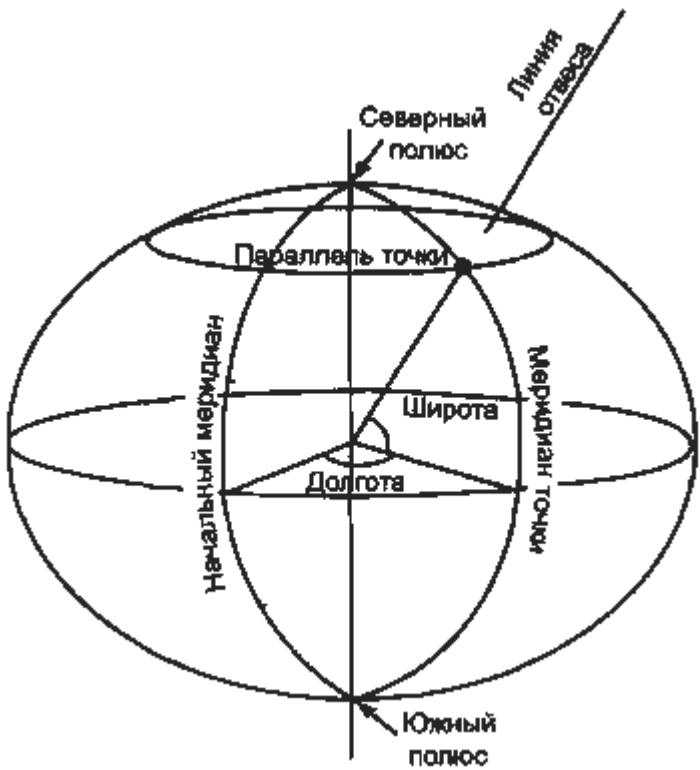


Рис. 61. Параллели и меридианы мнимого времени

«…Представим пространство-время с мнимым временем как сферу, подобную поверхности Земли. Предположим, что мнимое время соответствует широте. Тогда история Вселенной в мнимом времени начинается

на Южном полюсе. Не имеет смысла вопрос: "Что случилось до начала?". Таких моментов времени просто нет, точно так же, как точек южнее Южного полюса. Полюс — самая обыкновенная точка на поверхности Земли, и там работают те

же самые законы, что и в других точках. Это наводит на мысль, что начало Вселенной в мнимом времени может быть обычной точкой пространства-времени и что в начале должны соблюдаться все законы, которые действуют в остальной Вселенной…

Другой вариант поведения можно проиллюстрировать, если считать мнимое время долготой на Земле. Все меридианы сходятся на Северном и Южном полюсах. Так что время здесь останавливается в том смысле, что увеличение мнимого времени (или градуса долготы) оставляет вас на одном и том же месте. Это очень похоже на то, как обычное время кажется остановившимся на горизонте черной дыры…

Похоже, мы сами можем жить на 3-броне — четырехмерной (три пространственных плюс одно временное измерение) поверхности, которая ограничивает пятимерную область, а остальные размерности свернуты до очень малых размеров. При этом в состоянии мира на броне зашифровано то, что происходит в пятимерной области».

Стивен Хокинг. Мир в ореховой скорлупке. Форма времени

Дэвид Дойч, анализируя подобные модели, задает парадоксальный контрвопрос: *«Если кроме вариантов меня в других вселенных существуют и многочисленные идентичные копии меня, которая из них я?»*

Безусловно, я — это все они. Каждая из них только что задала этот вопрос: "Которая из них я?", и любой истинный способ ответа на этот вопрос должен дать каждой из них один и тот же ответ. Принять, что вопрос, какой из идентичных копий являюсь я, имеет физический смысл, значит принять, что вне Мультиверса существует некая система отсчета, относительно которой можно дать ответ: "Я — третья копия слева…". Но какое может быть "лево" и что значит "третий"? Подобная терминология

имеет смысл, только если представить, что снимки меня выстроены в различных положениях в некотором внешнем пространстве. Но Мультиверс существует во внешнем пространстве не больше, чем он существует во внешнем времени: он содержит все существующее пространство и время. Он просто существует, и физически он является всем, что существует.

-188-

Квантовая теория в общем случае не определяет, что произойдет на конкретном снимке, как это делает физика пространства-времени. Вместо этого она определяет, какая часть всех снимков в Мультиверсе будет обладать данным свойством. По этой причине мы, жители Мультиверса, иногда можем делать только вероятностные предсказания, даже несмотря на то, что все то, что произойдет в Мультиверсе, полностью определено. Предположим, например, что мы подбросили монетку. Типичным предсказанием квантовой теории могло бы быть, что если на определенном количестве снимков монетка была бы зафиксирована вращающейся определенным образом, а часы давали бы определенные показания, то также существовала бы половина этого количества вселенных, в которых часы давали бы более поздние показания, а монетка упала бы орлом вверх, и вторая половина, в которой часы давали бы более поздние показания, а монетка упала бы решкой вверх».

Таким образом, следуя построениям Дойча и теореме Пуанкаре — Перельмана, можно попытаться рассмотреть проблемы квантовой причинности, соответствия, дополнительности и наблюдаемости в рамках объективных научных представлений. Для этого необходимо ввести еще один новый принцип *атемпоральной редукции волновых функций.*Несмотря на устрашающее название, в нем нет ничего принципиально сложного. Просто если следовать канонам квантовой теории, то мы живем в вероятностном мире, где на сверхмикроскопическом уровне наша судьба, да и судьба всей Вселенной в целом, решается подбрасыванием монеток элементарных частиц. Сама по себе глубинная причина подобного очень странного устройства квантового Мироздания бурно обсуждается уже целое столетие физиками, метафизиками и философами. (Здесь автор рекомендует обратиться к его книге «Великая квантовая революция».) Мы же выдвигаем гипотезу, что причинно-следственные связи всех событий, происходящих в нашей реальности, начинаются на планковском уровне атомов времени. Именно там, в иллюзорных границах квантового мига, происходит реализация действительности, заполняющей затем наш физический Макромир.

-189-

Фактически переход квантового мира в мир классический связан с действием некоего загадочного (в смысле — не получившего еще общего признания) *принципа усиления,* или *проявления,* квантовой реальности. Принцип усиления-проявления действует на всем протяжении от планковских масштабов до видимого радиуса Метагалактики. При этом происходит то, что физики называют превращением суперпозиции состояний микросистемы в макросистему при квантовых измерениях с образованием запутанных состояний с макроскопическим количеством системных степеней свободы. Приблизительно это может выглядеть так: неисчислимое количество элементарных частиц выбросило свои монетки и, суммировав результат, решило, что сегодня стоит зажечь очередной исландский вулкан.

Получается, что при усилении-проявлении уже вблизи квантового мига — хроноквanta — начинается перестройка геометрии пространства-времени с бесчисленными топологическими переходами, определять последовательность и вид которых и берется теорема Пуанкаре — Перельмана. Иначе говоря, происходит взаимодействие квантовой системы с другими системами, вызывающее особое «магическое действие», называемое квантовой корреляцией запутывания. Топологически подобный процесс, внешне очень напоминающий трюки фокусников, левитирующих с помощью невидимых нитей, должен следовать именно по алгоритму, открытому Григорием Яковлевичем Перельманом. Ведь необходимо обеспечить геометрическую целостность как исходной системы, так и уже запутанных с ней систем, взаимодействующих с еще большим количеством систем, вовлекая их в запутанное состояние. Так происходит до тех пор, пока не образуется запутанное состояние, включающее огромное число систем с колоссальным количеством степеней свободы. Для всех нас это означает, что топологические переходы Пуанкаре — Перельмана пришли к своему логическому окончанию и вселенские часы Мироздания сдвинули свои стрелки на еще одно хроноквантовое деление.

В свою очередь космологические основы темпоралогии включают обобщающее понятие единого хронофизического

-190-

поля, квантуемость которого представляет интереснейшую научную проблему. Кинетика хронополя логически должна зависеть от течения вышеописанных метрических фазовых переходов, определяющих трансформацию метрики внешнего пространства событий в псевдоевклидову метрику нашего Мира.

Генезис первичного развития Мультиуниверсума тесно связан

с рядом мировоззренческих представлений квантовой теории и утверждает, что если поток энергии квантуем, то существует топологически инвариантная фундаментальная метрическая ячейка пространственно-временного континуума нашей Вселенной. Такая посылка может показаться в ряде случаев достаточно тривиальной, но только если не рассматривать ее развития в плане субструктурных построений для виртуальной матричной сверхрешетки, заключающей в себе элементарные континуальные подструктуры Вселенной.

Рассмотрим понятие поля инфлатона из инфляционной космологии и представим космологическую константу достаточно плоским потенциалом некоторого скалярного поля. Скалярное поле — это нечто ненаправленное, хаотически распределенное в пространстве; пример скалярных величин — температура, плотность, масса, в отличие от направленных векторов скорости и ускорения. Если такой потенциал является плосколинейным, то поле не будет меняться на радиусе Вселенной с незначительной кинетической энергией. Современная модель инфлатона в своей основе имеет темную энергию и, как иные безмассовые поля, испытывает стохастические (совершенно случайные) квантовые скачки. Это можно понимать как «случайное рождает случайное», и в контексте сказанного квантовые флуктуации как бы рандомизируют скалярное поле инфлатона. Так Мультивселенная оказывается разделенной на экспоненциально большие (развивающиеся по экспоненте) области, и в этих параллельных мирах плотность энергии поля инфлатона в минимуме эффективного потенциала продолжает флуктуировать, рождая следующие вселенные.

На современном этапе развития инфляционного сценария рождения и эволюции нашего Мира главной задачей остается найти надежную связь между плотностью энергии

первичного инфлатона и плотностью темной энергии в современной Вселенной. Вот здесь и важны детали динамики топологических преобразований задачи Пуанкаре, особенно в решениях, найденных Перельманом. Именно отсюда и возникает современная версия эволюции множественного мира — Мультиверса, состоящего из параллельных инфляционных вселенных с различными космологическими постоянными.

Получается, что, если дополнить инфляционный сценарий топологическими построениями Перельмана, перед нами возникнет удивительный образ своеобразного «вечного квантового генератора миров», расположенного в загадочной точке изначальной космологической сингулярности

таинственного Мультиуниверсума. Еще более необычен хроноквантовый Мультиверс, напоминающий кокон из последовательно навитых темпоральных копий дочерних вселенных.

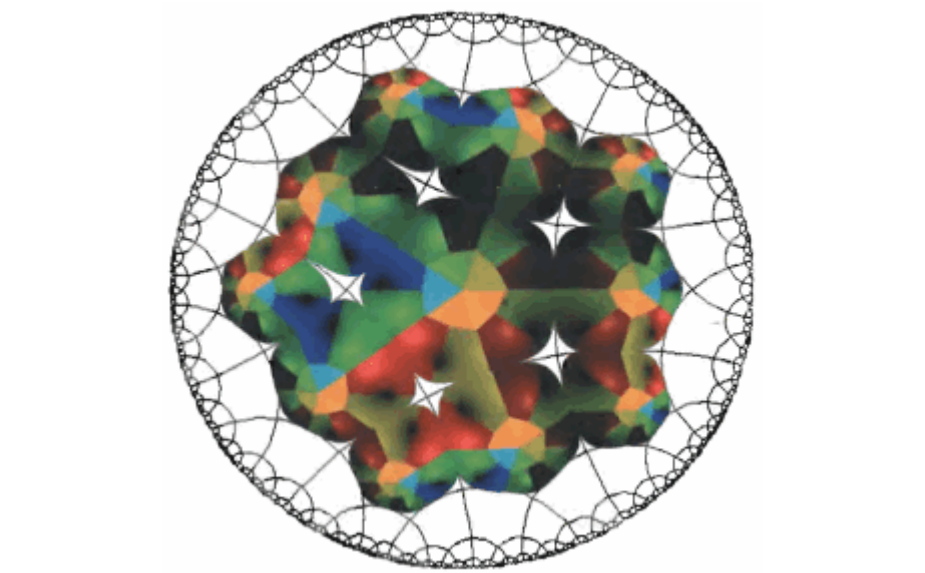


Рис. 62. Топология Пуанкаре — Перельмана для хроноквантового континуума темпорального Мультиверса

«Будучи квантовой теорией, физика частиц утверждает, что существует ограниченная вероятность происхождения маловероятных событий, таких как создание параллельных

вселенных. Таким образом, как только мы признаем возможность создания одной Вселенной, мы тем самым откроем двери возможности создания бесконечного множества параллельных вселенных. К примеру, вспомните о том, как квантовая теория описывает электрон. Вследствие нестабильности электрон не существует ни в одной отдельно взятой точке, а существует во всех возможных точках вокруг ядра. Это электронное "облако", окружающее ядро, представляет электрон, находящийся во многих положениях одновременно. Это основа всей химии, позволяющая

электронам связывать молекулы между собой. Наши молекулы не растворяются, потому что вокруг них танцуют электроны, удерживая их в целостности. Подобным образом и наша Вселенная была когда-то меньше электрона. Применяя квантовую теорию ко Вселенной, мы вынуждены признать, что Вселенная существует одновременно во многих состояниях. Иными словами, допустив применение квантовых флуктуаций ко Вселенной, мы почти вынуждены признать возможность существования параллельных вселенных. Похоже, выбор у нас невелик».

Мичио Каку. Параллельные миры. Об устройстве Мироздания, высших измерениях и будущем Космоса

Это вполне соответствует общим положениям релятивистской квантовой космологии и концептуально близко как многомировой интерпретации квантовой механики эверетовского толка, так и теории дочерних вселенных по инфляционным сценариям. Введение такой хронодинамической структуры темпорального Мультимира достаточно тривиально, так как каждая из вселенных этого темпорального ряда с точки зрения внутреннего наблюдателя представляет собой изолированный Мир, а для внешнего наблюдателя-демиурга является последовательностью хроноквантовых кадров развития Вселенной, проецируемых в некотором иррациональном информационном пространстве абсолютных событий. Отдельный и достаточно актуальный вопрос составляет интерференционная дифракция границ ближайших соседей в строгой последовательности хроноквантовых миров. Основном здесь является гипотеза о наличии прямых связей между

-193-

принципами хроноквантовой локализации микрообъектов и космологическими фазовыми переходами по схеме генерации последовательности континуальных образований в виде временных оболочек с мировыми линиями в пространстве реальных физических событий. Наподобие параллельных миров Эверетта — Уиллера, такие последовательные универсумы распространяются по стреле времени от момента возникновения космологической сингулярности Большого Взрыва.

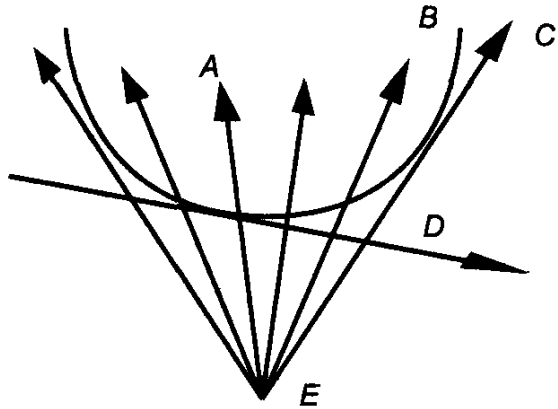


Рис. 63. Проективная схема атемпоральной гиперповерхности Мультиуниверсума: *A* —векторные стрелы времени во внешней системе отсчета, *B* —внешняя оболочка Мультиуниверсума, *C* — сопряженные стрелы времени для выделенного Мира, *D* —стрела внутреннего времени как темпоранты пространства Минковского во внутренней системе отсчета, *E* —условный центр сингулярности Большого Взрыва

Вполне возможно, что принципиальные недостатки множественного квантового мира Эверетта можно было бы устранить или хотя бы минимизировать в сценарии с топологией решений теоремы Пуанкаре — Перельмана в виде последовательности независимых темпоральных отображений нашей Вселенной. Разумеется, следует сразу уточнить, что на современном уровне знаний количественные оценки темпоральных параметров миров Мультиуниверсума можно рассматривать как дело вкуса каждого исследователя. Например, их можно считать либо принципиально ограниченными, либо пульсирующими на бесконечной стреле времени. Тогда весьма любопыт-

ная оценка числа вселенных, реализованных после Большого Взрыва до наших дней, как возраст нашего Мира в 13,7 миллиарда лет, деленный на планковский миг фундаментального «кирпичика вечности», даст нам невообразимую величину, состоящую из десятки с шестьюдесятью нулями.

Строгая последовательность подобных миров, развивающих в полном соответствии с геометрическими преобразованиями Перельмана от космологической сингулярности до космической сферы условных границ физической реальности, и будет в целом определять привычный образ реляционного (относительного)

физического времени, которое мы привыкли видеть на своих часах. Профессор Дойч в данном случае имеет свое оригинальное мнение: *«Все экспериментальные результаты, которыми мы располагаем в настоящее время, совместимы с тем приближением, что время — это последовательность моментов. Мы не ожидаем, что это приближение не выдержит какого-нибудь предсказуемого земного эксперимента, однако теория говорит нам, что оно должно сильно пострадать в определенных видах физических процессов. Первый — это начало Вселенной, Большой Взрыв. В соответствии с классической физикой время началось в тот момент, когда пространство было бесконечно плотным и занимало только одну точку, а до этого моментов не было. В соответствии с квантовой физикой (насколько нам известно) снимки, очень близкие к Большому Взрыву, не расположены в каком-либо определенном порядке. Свойство времени как последовательности начинается не при Большом Взрыве, а несколько позднее. В природе вещей не имеет смысла спрашивать, насколько позднее. Но мы можем сказать, что самые ранние моменты, которые в хорошем приближении являются последовательными, имели место, в соответствии с экстраполяцией классической физики, через 10 $^{-43}$секунды (время Планка) после Большого Взрыва.*

Второй и очень похожий вид провала последовательности времени, видимо, произойдет внутри черных дыр и при

конечном повторном разрушении Вселенной (Большом сжатии), если таковое произойдет. В обоих случаях материя сожмется до бесконечной плотности в соответствии с классической физикой, как при Большом Взрыве, и результирующие гравитационные силы разорвут структуру пространства-времени.

Кстати, если вам когда-либо было интересно, что происходило до Большого Взрыва или что произойдет после Большого сжатия, сейчас вы можете утратить этот интерес. Почему сложно принять, что до Большого Взрыва не было, а после Большого сжатия не будет моментов, что там ничего не происходит или не существует? Потому что трудно представить, что время останавливается или запускается. Но ведь время не должно останавливаться или запускаться, поскольку оно не движется вообще. Мультиверс не "начинает существовать" или "не прекращает существовать": эти термины предполагают поток времени. Только представление потока времени заставляет нас интересоваться, что было "до" или что будет "после" всей реальности.

Считается, что в субмикроскопическом масштабе квантовые

эффекты снова деформируют и разорвут структуру пространства-времени и что такие замкнутые циклы времени — в действительности крохотные машины времени — существуют в этом масштабе. Провал последовательности времени такого рода также физически возможен в большом масштабе, и вопрос о том, произойдет ли он вблизи таких объектов, как вращающиеся черные дыры, остается открытым».

Еще одно феноменальное свойство топологических решений Перельмана связано с целым рядом актуальнейших вопросов исследования мнимой точки космологической сингулярности Мультиуниверсума. Здесь можно вспомнить удивительные теоретические построения академика А. Д. Сахарова, касающиеся определения физических величин в досингулярную эпоху «несуществования» физической реальности относительно точки Большого Взрыва. Академик Сахаров предложил замечательную космологическую модель, отличающуюся от известных космологических сце-

нариев тем, что в ней топология подпространственного перехода через условную границу сингулярности меняла смысл временных и пространственных параметров. Эту гипотетическую модель ученый назвал космологической моделью с поворотом стрелы времени. В этом довольно необычном сценарии эволюции Мироздания ученому удалось так сформулировать все известные законы физики, что они совершенно перестали замечать направление хода часов!

Рис. 64. Внешний взгляд на многообразие Пуанкаре — Перельмана

> «…В космологии представляют интерес измерения, которые выполняются не на бесконечности, а в конечной области. Мы находимся внутри Вселенной, а не смотрим на нее снаружи. Чтобы увидеть, в чем здесь разница, сначала предположим, что интеграл по путям в космологии берется по всем асимптотическим евклидовым метрикам. Тогда в вероятности измерений в конечной области будут вноситься два вклада. Первый получается от связных асимптотических евклидовых метрик, второй — от несвязных метрик, которые состоят из компактного пространства-времени, содержащего область измерений, и отдельной асимптотической евклидовой метрики.

> Такие несвязные метрики не могут быть исключены из интеграла по путям по той причине, что их можно приближенно заменить на связные метрики, в которых различные компоненты соединены тонкими трубками или воронками, дающими пренебрежимо малый вклад в действие».
>
> *Стивен Хокинг. Природа пространства и времени. Квантовая космология*

Для успешного действия своей модели академик Сахаров ввел специальное преобразование пространства-времени, очень напоминающее действия Перельмана с потоками Риччи. В ходе этой топологической операции одновременно с изменением направления времени по *T*-преобразованию происходило зеркальное отражение пространственного континуума по *P*-преобразованию и все частицы превращались в свои антианалоги по *C*-преобразованию. В результате возник новый принцип *TPC*-инвариантности, формулирующий всеобщий и неизменный закон природы.

Такие топологические модельные построения по теореме Пуанкаре — Перельмана, как правило, описывают геометризованное фазовое пространство с помощью различных логических формализмов, что в значительной степени справедливо для вариантов динамического модельного образа реального физического Мироздания. На основе новых решений проблемы Пуанкаре, полученных российским гением, мы можем модифицировать сценарий хаотического расширения с теоретическими предпосылками о существовании всеобщего скалярного поля. Далее можно проанализировать метастабильные вариации метрического пространства в сингулярной области и их зависимость от граничных энергетических условий формирования полевой топологии. В рамках введенных представлений масштабный фактор имеет вид функционала планковской длины и энерготемпоральных компонентов классического кванта действия.

Каждая такая *пространственно-временная локализация* содержит все возможные типы внутренних состояний и развивается в экспоненциально большую область. Здесь возни-

кает вопрос о системах отсчета, в которых происходят события на главной мировой линии. С точки зрения стороннего

сверхъестественного наблюдателя-демиурга, совокупность миров составляет единую материальную историческую последовательность, по оси времени которой они, расширяясь, движутся. В системе отсчета отдельной Вселенной ординарный наблюдатель-гуманоид отметит прошедшие и наступающие события как абсолютное отражение собственной истории данной реальности. Можно создать и третью сущность: наблюдателей-демонов, способных идентифицировать изнутри локальную систему миров Мультиуниверсума, относительно которой профессор Дойч пишет: *«Каким бы хорошим ни было приближение, в реальности время должно быть фундаментально отличным от линейной последовательности, предлагаемой здравым смыслом. Тем не менее все в Мультиверсе определяется почти так же жестко, как и в классическом пространстве-времени. Уберите один снимок — и оставшиеся точно определят его. Уберите большую часть снимков — и оставшееся меньшинство по-прежнему может определить все, что убрано, так же, как оно делает это в пространстве-времени. Разница заключается только в том, что, в отличие от пространства-времени, Мультиверс не состоит из взаимно определяющих слоев, которые я назвал суперснимками и которые можно было бы считать "моментами" Мультиверса. Это сложная многомерная мозаика. В этой мозаичной Вселенной, которая не состоит из последовательности моментов, не разрешает потока времени, обыденная концепция причины и следствия имеет совершенный смысл. Проблема причинно-следственного отношения, обнаруженная нами в пространстве-времени, заключалась в том, что это отношение является свойством не только самих причин и следствий, но и их вариантов. Поскольку эти варианты существовали только в нашем воображении, а не в пространстве-времени, мы столкнулись*с *физической бессмысленностью делать реальные выводы из воображаемых свойств несуществующих (противоречащих фактам) физических процессов. Однако в Мультиверсе варианты действительно существуют в различных*

-199-

соотношениях и они подчиняются определенным детерминистическим законам. Если известны эти законы, объективным фактом является то, какие события имеют значение для того, чтобы произошли какие-то другие события. Допустим, что существует группа снимков, необязательно идентичных, но обладающих свойством X. Допустим, что, если известно о существовании этой группы, законы физики определяют, что есть другая группа снимков со свойством Y. Таким образом, удовлетворяется одно из условий того, чтобы X стал причиной Y.

Другое условие должно быть связано с вариантами. Рассмотрим варианты первой группы, не имеющие свойства X. Если, исходя из существования этих вариантов, все равно можно определить существование некоторых снимков Y, то X не является причиной Y, поскольку Y произошел бы даже при отсутствии X. Но если, исходя из группы вариантов не X, определяется только существование вариантов Y, тогда X является причиной Y».

Рис. 65. Квантовый Мультиверс в классическом виде

«Положительная кривизна пространства-времени приводит к сингулярностям, в которых классическая общая

теория относительности может нарушаться. Космическая цензура может защитить нас от сингулярностей черных дыр, но Большой Взрыв мы видим во всей его обнаженности. Классическая общая теория относительности не может предсказать, как началась Вселенная. Однако квантовая общая теория относительности совместно с предположением об отсутствии границ предсказывает Вселенную, подобную той, которую мы наблюдаем, и, кажется, даже предсказывает наблюдаемый спектр флуктуаций в микроволновом фоне. Однако, хотя квантовая теория восстанавливает предсказуемость, потерянную классической теорией, она не делает этого полностью. Поскольку мы не можем видеть пространство-время в целом, с учетом черных дыр и космологических горизонтов событий, наши наблюдения описываются не чистым состоянием Вселенной, а ансамблем квантовых состояний. Это вводит дополнительный уровень непредсказуемости, но, может быть, именно поэтому Вселенная становится классической…

Устранить предсказуемость из физики, а затем ее восстановить, пусть в ограниченном смысле, — вполне успешный конец истории. Я остаюсь при своем мнении».

Стивен Хокинг. Природа пространства и времени. Квантовая космология

При превышении плотности потенциальной энергии полевых структур планковских параметров квантовые флуктуации пространства-времени инспирируют процессы многократной генерации пространственно-временной пены. В синтетических сценариях квантового Мультиуниверсума с хаотической инфляцией квантовые флуктуации пространства-времени в сравнении с флуктуациями скалярного поля незначительны и спорадические изменения плотности инфлатона приводят к перманентному самовоспроизведению инфляционной Вселенной. Если энергия флуктуаций скалярного поля уменьшается, то частота его осцилляции резко возрастает.

Экспансивное увеличение континуальной метрики Вселенной при замедленных изменениях скалярного поля

на инфляционной стадии приводит к тому, что размер Вселенной может увеличиваться в результате своеобразных метрических переходов с хроноквантовым периодом на величину планковской длины. Различные сценарии определяют ее длительность в пределах 10^{-35}секунд и на данной темпоральной эквидистанции постулируют наличие космологических переходов, сопровождаемое образованием псевдоевклидовой континуальной матрицы. Как только скалярное поле становится малым, инфляция кончается, и оно осциллирует вблизи некоторого локального минимума, теряя энергию за счет рождения пар частиц. Эти частицы, взаимодействуя между собой, приходят в тепловое равновесие, соответствуя стандартной модели горячей Вселенной.

Возникновение Мультимира из начального хаотического состояния имеет особое значение для концептуализации определенного сценария квантовой космологии. В соответствии со стандартной теорией электрослабого взаимодействия массы всех элементарных частиц зависят от величины хиггсовского скалярного поля в нашей Вселенной. Эта величина определяется положением минимума эффективного потенциала. В общем случае этот потенциал может иметь множество различных минимумов. Так, в суперсимметричной теории, объединяющей слабое, сильное и электромагнитное взаимодействия, эффективный потенциал имеет несколько различных минимумов равной глубины по отношению к двум скалярным полям. Если скалярные поля испытывают влияние процессов спонтанного нарушения симметрии, то значение их потенциала минимизируется в различных частях Вселенной и, соответственно, массы элементарных частиц и законы

взаимодействий в них будут различными.

Если даже они изначально находились в одном и том же минимуме по всей Вселенной, по окончании начальной стадии Вселенная окажется разделена на множество экспоненциально больших областей, соответствующих минимумам эффективного потенциала. Если следовать отдельным

-202-

положениям данной теории, то процесс разделения Вселенной на части определяется эффектами самовоспроизводства инфляционных областей. При этом определяющее значение играют величины квантовых флуктуаций, и если они достаточно велики, то могут локально увеличить потенциальную энергию скалярного поля в некоторой части Вселенной.

Вообще, Дэвид Дойч вполне допускает, что в очень экзотических ситуациях, например очень близких к Большому Взрыву или внутри черных дыр, нет прошлого и будущего, то есть привычной нам последовательности событий не существует: *«…В повседневном опыте причины всегда предшествуют своим следствиям, и так происходит потому, что — по крайней мере вблизи от нас в Мультиверсе — количество различных видов снимков стремится быстро расти со временем и вряд ли когда-либо уменьшается. Это свойство связано со вторым законом термодинамики, который гласит, что упорядоченную энергию, например химическую или скрытую гравитационную, можно полностью преобразовать в беспорядочную энергию, например тепло, но не наоборот. Тепло — это беспорядочное движение на микроскопическом уровне.*

На языке Мультиверса это означает множество состояний движения, различных на микроскопическом уровне в различных вселенных. Например, на последовательных снимках монеты при обычном увеличении кажется, что процесс остановки монеты преобразует группу идентичных снимков "предсказуемого появления орла" в группу идентичных снимков орла. Но во время этого процесса энергия движения монеты превращается в тепло, так что при достаточно большом увеличении, таком, что можно увидеть отдельные молекулы, снимки в последней группе уже не будут идентичными. Они все показывают, что монета лежит орлом, но ее молекулы, а также молекулы окружающего воздуха и поверхности, на которой лежит монета, они показывают во множестве различных конфигураций».

-203-

Рис. 66. Квантовые вселенные

«Представим себе, будто то, что мы называем нашей Вселенной, есть лишь крошечная часть гораздо более широких космологических просторов, один из бесчисленного множества островов грандиозного космологического архипелага вселенных. Конечно, такое предположение может показаться искусственным (и оказаться, в конце концов, неверным), но существует конкретный механизм, который приводит к такой ситуации. Этот механизм был предложен Андреем Линде, обнаружившим, что… резкий и кардинальный взрыв с инфляционным расширением мог быть не однократным. Напротив, согласно Линде, условия для возникновения инфляционного расширения могли создаваться многократно в рассеянных по пространству изолированных областях, каждая из которых затем проходила свою стадию расширения и формировала свою Вселенную. И в каждой из этих вселенных процесс продолжается: в удаленных областях старых вселенных появляются ростки новых, и паутина расширяющихся вселенных продолжает разрастаться до бесконечности. Терминология становится немного громоздкой, но в духе веяний моды дадим этому существенно обобщенному понятию Вселенной название Мультивселенная, а компоненты Мультивселенной будем называть вселенными».

Брайан Грин. Элегантная Вселенная

-204-

Вероятно, снимки изначально «предсказуемого появления орла» на микроскопическом уровне тоже не являются идентичными, потому что на них также присутствует некоторое количество тепла, но производство тепла в самом процессе означает, что эти снимки гораздо меньше отличаются друг от друга, чем последние. Таким образом, каждая однородная группа снимков с «предсказуемым появлением орла» определяет их существование, следовательно, становится причиной огромного количества снимков орла, отличающихся на микроскопическом уровне. Но ни один снимок орла сам по себе не определяет существование каких-либо снимков «предсказуемого появления орла», а потому не является их причиной.

Вероятность квантовых переходов, ведущих к увеличению локальной плотности потенциальной энергии, может быть очень

малой, но область, где они произошли, начинает расширяться значительно быстрее остальных, и квантовые флуктуации в ней приводят к рождению новых инфляционных областей. Это ведет к эффекту самовоспроизводства Вселенной, характерного для стандартных сценариев.

В инфляционной космологии при планковской плотности происходит локальное изменение количества компактифицированных измерений и Вселенная оказывается разделенной на экспоненциально большие области различной размерности. Теория включает также возможность разделения Вселенной на несвязанные части из-за эффектов квантовой гравитации, при этом дочерние вселенные могут акцептировать комбинации частиц и полей, разрешенные законами сохранения.

В определенных сценариях за основу можно принять и теорию генерации дочерних вселенных как процесс самовоспроизводства вселенных в квантовой космологии. К сожалению, эти подходы основаны на различных начальных предположениях и их результаты могут существенно различаться, хотя вполне возможно, что это временные трудности.

Необходимо также провести детальную классификацию принципиально возможных систем отсчета с наблюдателями. Так, одни явно будут демиургами, находящимися на стреле

-205-

времени и наблюдающими развитие и рождение всех хроноквантовых миров Мультивселенной, другие — простыми демонами триады соседних вселенных, способными видеть темпоральные переходы и делокализацию материальных объектов, а прочие — гуманоидами, обитающими во временных оболочках прообраза нашего физического Мира и принадлежащими псевдоевклидовой метрике. Один из главных аксиоматических принципов здесь связан с реинтерпретацией инвариантности скорости света. При этом сама по себе скорость света не рассматривается как фундаментальная физическая константа, а сводится к инвариантности скорости изменения метрического масштаба внутреннего физического пространства.

Здесь можно вспомнить рассуждения Дэвида Дойча о квантовой концепции времени и превращении относительно любого наблюдателя возможностей в действительность, а открытого будущего в неизменное прошлое. Так, профессор Дойч считает, что *до того, как*монетку подбросят, с точки зрения наблюдателя, будущее открыто и он все еще может увидеть любой результат: орла или решку, причем оба результата являются возможностями, хотя объективно они считаются действительностью. После того как монетка упала, копии

наблюдателя разделились на две группы. Каждый из них видит и помнит только один результат подбрасывания монетки. Таким образом, результат, как только он попал в прошлое наблюдателя, стал однозначным и действительным для каждой копии, даже несмотря на то, что с перспективы Мультиверса он остался таким же двузначным, каким был всегда.

Позвольте здесь подвести итог квантовой концепции времени. Время — это не последовательность моментов, и оно не течет; каждый планковский момент времени скрывает под собой темпоральную оболочку нового мира. Тем не менее наша интуиция относительно свойств времени в общем смысле близка к истинной. Определенные события действительно являются причинами и следствиями друг друга. По отношению к наблюдателю будущее открыто, прошлое неизменно, а возможности на самом деле становятся действительностью. Причина бессмысленности наших традиционных теорий времени

-206-

в том, что они пытаются выразить эту истинную интуицию на основе мало приспособленной к этому классической физики. В квантовой физике эта интуиция имеет смысл, потому что время по своей сути определяется именно квантовой концепцией. Мы существуем во множестве вариантов во вселенных, называемых моментами. Существует соблазн допустить, что осознаваемый нами момент — единственный реальный момент или, по крайней мере, реальнее остальных.

Рис. 67. Континуальная метрика квантового Мультиверса в преобразованиях Перельмана

«Идея Мультивселенной весьма привлекательна, потому что все, что нам нужно сделать, — это предположить, что спонтанное нарушение происходит беспорядочно. Не нужно делать никаких других предположений. Каждый раз, как какая-либо Вселенная выбрасывает бутон другой Вселенной, физические постоянные уходят от первоначальных, создавая новые законы физики. Если это действительно так, то в каждой новой Вселенной может возникнуть совершенно новая реальность. Но тут возникает

-207-

потрясающий вопрос: как выглядят эти другие вселенные? Ключом к пониманию физики параллельных

вселенных является знание того, как эти вселенные созданы, то есть точное понимание того, как происходит спонтанное нарушение.

Когда происходит спонтанное нарушение и возникает Вселенная, это также нарушает симметрию первоначальной теории. Для физика красота — это симметрия и простота. Если теория совершенна, то это означает, что в ней заложена абсолютная симметрия, которая может объяснить множество данных наиболее сжатым и экономичным путем. Точнее, уравнение считается совершенным, если оно остается неизменным, когда мы меняем его члены местами. Залогом обнаружения скрытой в природе симметрии оказывается то, что явления, кажущиеся различными, по сути своей есть проявления одного и того же, связаны между собой симметрией».

Мичио Каку. Параллельные миры. Об устройстве Мироздания, высших измерениях и будущем Космоса

В свете сказанного интерес представляет темпоральная реинтерпретация загадки ускоренного расширения нашей Вселенной под воздействием темной энергии и отчасти скрытой массы. Следуя концепции экспансии континуальной метрики Мироздания в точном соответствии с преобразованиями Пуанкаре — Перельмана, можно получить своеобразное темпоральное эхо от предыдущей оболочки квантового Мультиверса. Соответственно, для внутреннего наблюдателя это будет выглядеть как скрытая масса, не идентифицируемая с ее реальными носителями. То же самое можно сказать и о загадке ускорения разлета галактик. В определенном смысле мы можем сопоставить этот довольно странный антигравитирующий эффект физического вакуума с хроноквантовым запутыванием субэлементарной основы фундамента нашего Мира и соответствующих структур иных компонент Мультиверса.

Вот что говорит о современной картине развития Метагалактики видный современный космолог Александр Виленкин из Института космологии Университета Тафтса (США, штат Массачусетс): *«Существует множество причин, позволяющих уверовать в бесконечность Вселенной.*

А раз так, значит, она состоит из бесконечного количества регионов, соизмеримых по масштабу с тем, который доступен для нашего наблюдения (80 млрд световых лет в поперечнике). Исходя

из положений квантовой механики, можно сделать вывод, что число историй, которые могут произойти за конечный отрезок времени (начиная с Большого Взрыва), — конечно. Под историями я понимаю не только историю цивилизаций, а любые события, которые могут произойти, вплоть до атомного уровня. Возможных историй невероятно много (приблизительно их количество можно оценить как 101050), но важно то, что мы имеем дело с конечным множеством.

Таким образом, есть бесконечное количество регионов, подобных нашему, и только конечное количество историй, которые могут в них произойти. Следовательно, каждая возможная история произойдет в бесконечном множестве регионов. В частности, будет бесконечное количество регионов, чьи истории идентичны нашим. Так что, если вы не удовлетворены результатами президентских выборов, не отчаивайтесь: ваш кандидат пришел к власти в бесчисленном количестве Земель.

Такая картинка Вселенной лишает нашу цивилизацию возможности претендовать на уникальность: таким, как мы, рассеянным по всему космосу, несть числа. Это, конечно, грустно, но, возможно, что все обстоит именно так».

Таким образом, применение принципа хроноквантовой реинтерпретации постулатов квантовой механики приводит к новым модификациям сценариев развития космологической сингулярности Большого Взрыва. При этом исходные посылки не противоречат современным физическим представлениям о пространственно-временных соотношениях, а только расширяют квантово-космологическую парадигму. Особый интерес здесь составляют модельные исследования физического механизма космологических фазовых переходов континуальной метрики протопространства в псевдоевклидову метрику нашего Мира. Именно здесь очень важно учитывать новые выводы, полученные Г. Перельманом в ходе решения проблемы Пуанкаре.

-209-

Вполне возможно, что подобные космологические явления следует считать процессами третьего рода, так как при них происходит скачкообразная перестройка досингулярной метрики с возможным изменением симметрии пространства-времени. Это не только обуславливает качественный скачок в состоянии Мультиуниверсума, но и определяет взаимно однозначное соответствие между симметрией исходной метрической фазы и вновь образующимися модификациями. Можно с известной степенью вероятности предположить, что такие переходы будут сопровождаться мультипликацией исходных фундаментально-элементарных метрических ячеек пространства-времени,

определяемой некоторым первичным параметром реструктуризации. Последующее протекание, скорее всего, деструктирует метрику и изменяет состояние Вселенной непрерывным образом на основе трансформационных свойств критического параметра порядка.

Рис. 68. Метрические ячейки в схематичной модели суперсимметричного квантового Мультиверса

«Группа симметрии может измениться таким образом, что это станет причиной образования совершенно иной Вселенной. В некоторых из таких вселенных протон может оказаться неустойчивым и быстро распасться на позитроны.

В таких вселенных невозможна известная нам жизнь, они быстро распадутся в безжизненное облако электронов и нейтрино. В других вселенных распад симметрии ТВО (теории великого объединения. — Прим. автора) может пойти иным путем: будет больше устойчивых частиц, таких как протоны. В такой Вселенной могло бы существовать огромное разнообразие новых неизвестных химических элементов. Формы жизни в таких вселенных были бы более сложными, чем в нашей, так как там соединения, подобные ДНК, создавались бы из большего количества элементов.

Мы можем также разбить изначальную симметрию ТВО таким образом, что в результате получим несколько симметрий U(l) (это группа симметрии квантов электромагнитного излучения — фотонов, меняющая местами между собой различные составляющие вектора поляризации света. — Прим. автора). Это определит существование нескольких форм света, а не одной. Подобная Вселенная действительно была бы удивительной — существа, обитающие в ней, могли бы видеть, пользуясь не одной, а несколькими силами. В такой Вселенной глаза любого живого существа были бы снабжены большим количеством разнообразных рецепторов для улавливания различных видов излучения, подобного световому».

Мичио Каку. Параллельные миры. Об устройстве Мироздания, высших измерениях и будущем Космоса

Физические аспекты преобразований Перельмана в задаче Пуанкаре можно также попытаться исследовать с использованием принципа Кюри и теории групп. Первый способ кажется оптимальным для первичного описания основных закономерностей, а второй — для более детального рассмотрения их динамики в рамках тривиальной точечной симметрии пространственной метрики. Здесь же очевидно следует искать тезаурус изначального генезиса асимметрии: материя — антиматерия.

Подобное расширение концепции возникновения квантового Мультиуниверсума позволяет вернуться к вопросу о волновой функции Вселенной. Конструирование решений уравнения Шредингера для волновой функции всей Вселенной показывает, что эта волновая функция не зависит

-211-

от времени, так как полный гамильтониан Вселенной, включающий гамильтониан гравитационного поля, тождественно равен нулю. Описание хроноквантовых вселенных с помощью их волновых функций возможно сопоставить с генерацией подобных фридмонам квазичастиц. При этом вполне допустимо, что Мультиуниверсум как целое неизменен во внешнем хронополе. Здесь возникает парадоксальный образ псевдоскалярного хронополя, в котором могут распространяться с хроноквантовой частотой фридмоны или не менее загадочные квазичастицы — планкионы. (Действительно, дискретная субстанция ячеек метрики континуума может рассматриваться как состоящая из «частиц Планка» — планкионов.) Очевидно, что при этом динамика континуальной метрики должна определяться параметрами элементарных сущностей планкионов. Применительно к понятию континуальных метаморфоз Мультиуниверсума это будет означать, что в базовом подпространстве нашей физической реальности принципиально наблюдаемы любые материальные процессы, а в других подпространствах последовательных миров вещество является ненаблюдаемым, то есть виртуальным относительно нас. Одна и та же сущность единого материального Мультимира находится с кратным хроноквантовым сдвигом во всех подпространствах, но наблюдается только в собственном базовом подпространстве. Благодаря математическому аппарату, работающему с расслоенными пространствами дискретно-континуальной

геометрии, физики-теоретики довольно успешно пытаются конструировать модели с самыми разнообразными топологическими свойствами. Сегодня после появления решения задачи Пуанкаре появляются совершенно неожиданные перспективы «составления конечно-размерных матрешек» из самых разнообразных вложенных подпространств. В частности, весьма интересен случай «препарирования» хроноквантовых моделей с помощью хирургии над потоками Риччи, проведенной Г. Перельманом при доказательстве проблемы Пуанкаре. Любопытно, что после некоторого творческого осмысления подобные топологические преобразования могут быть распространены и на транссин-

гулярную область космологических событий. В этом случае состояния временных оболочек характеризуются различными пространственными симметриями, аналогично стандартному n-мерному формализму в *(n + 1) — мерном*пространстве. Сам процесс возникновения сингулярности Большого Взрыва можно сопоставить с перманентным изменением метрики пространства-времени при космологических фазовых переходах подпространств с различной топологией и размерностью. Таким образом, если следовать выводам из теоремы Пуанкаре — Перельмана, то основные физические характеристики материи только проявляются в базовом подпространстве, а формируются в других подпространствах, предшествующих на стреле времени. Вследствие экспансии инфлатона можно ввести для замкнутой космологической модели понятие экстремального радиуса Мультиуниверсума, по достижении которого планкионные ячейки континуальной метрики начнут сжиматься вплоть до состояния с минимально возможной топологией внутреннего подпространства. Вполне естественно, что могут существовать сценарии метастабильного равновесия, по которым радиус Вселенной стабилизируется вблизи некоторого квазиравновесного значения, а также неограниченной экспансии. Последние гипотетические построения наиболее проблематичны с точки зрения современной физики, так как допускают неограниченное увеличение инфлатона с катастрофическим падением плотности псевдоевклидова пространства.

Изложенные космологические сценарии построения квантового Мультиуниверсума, несомненно, нуждаются в дальнейшем всестороннем развитии. Тем не менее даже краткий анализ хронодинамической дискретизации реального пространства-времени показывает, что существует определенная перспектива непротиворечивого построения новой

космологической доктрины, базирующейся на многообразии Пуанкаре — Перельмана.

Гл. 3. Избыточная гипотеза

«Я хотел бы еще сделать два замечания: одно касающееся сущности Алефа, другое — его названия. Что до последнего, то, как известно, это название первой буквы в алфавите священного языка. Применение его к шарику в моей истории, по-видимому, не случайно. В Каббале эта буква обозначает Эйн-Соф — безграничную чистую божественность; говорится также, что она имеет очертания человека, указывающего на небо и на землю и тем свидетельствующего, что нижний мир есть зеркало и карта мира горного. Алеф — символ трансфинитных множеств, где целое не больше, чем какая-либо из частей».

Хорхе Луис Борхес. Алеф

«Если мы вспомним шекспировскую метафору о том, что весь мир — сцена, то тогда можно сказать, что общая теория относительности допускает возможность существования люков на сцене. Но мы видим, что вместо того, чтобы вести в подвал, люки ведут на параллельные сцены, подобные нашей. Представьте себе сцену жизни, состоящую из многоярусных сцен одна поверх другой. На каждой сцене актеры читают свои роли и передвигаются среди декораций, считая, что их сцена — единственная, и не задумываясь о возможности существования других реальностей. Однако если однажды они случайно провалятся в люк, то обнаружат себя на совершенно новой сцене с новыми законами, новыми правилами игры и новым сценарием.

Но если может существовать бесконечное множество вселенных, то получается, что жизнь возможна в любой из этих вселенных в соответствии с иными физическими законами? Это тот самый вопрос, который Айзек Азимов поставил в своем классическом научно-фантастическом романе "Сами Боги", где создал параллельную Вселенную с ядерным

взаимодействием, отличным от нашего. Возникают захватывающие возможности, когда отменяются обычные законы физики и вводятся новые».

Мичио Каку. Параллельные миры. Об устройстве Мироздания, высших измерениях и будущем Космоса

Хорошо известно, что людей, занимающихся естественными науками, нередко раздражает стремление философов проанализировать их занятие, поскольку особой пользы от этого никто еще не видел, а вред от попыток жесткого очерчивания научных концепций может быть вполне ощутимым. Например, нобелевский лауреат Стивен Вайнберг одну из глав своей книги «Мечты об окончательной теории» так и назвал — «Против философов». Другой не менее известный физик, лауреат Нобелевской премии Мюррей Гелл-Манн высказался следующим образом: «Философия мутит воду и затуманивает важнейшую задачу теоретической физики — отыскивать согласованную работоспособную структуру». Наличие же у физика четкой философской позиции, по мнению Гелл-Манна, может стать причиной «отвержения какой-нибудь хорошей идеи».

Тем не менее именно с философской точки зрения одной из наиболее интересных и загадочных теорий, описывающих гипотетическую многоразмерную Вселенную, является гипотеза омега-пространства точки Алеф. Изначально мы встречаем это название у первой буквы каббалистического алфавита. В Каббале она обозначала Эйн-Соф — место полного познания, точку, откуда дух воспринимает сразу всю совокупность явлений, причин и их смысла. Эта странная буква или знак чем-то напоминает фигурку человека, показывающего на небо и на землю, как бы давая понять, что мир внизу является зеркальным отражением картины верхнего мира.

В топологии многомерного пространства-времени точка Алеф тесно связана с понятием омега-континуума, некоего «вырожденного» многообразия Пуанкаре — Перельмана. Именно в подобных континуальных структурах омега-экстремум и может венчать таинственная точка Алеф. Находясь в узле геодезических линий «по ту сторону» бесконечности, она

будет представлять собой как бы высшую точку нашей псевдореальности, откуда чудесным образом раскроется вся условная перспектива Вселенной. В ином физическом плане

точки Алеф гипотетически представляются компактифицированными узлами пространства-времени со скрытыми измерениями. Для демона-наблюдателя в этих точках предстала бы вся непрерывность физического континуума от суперструнной основы и до вселенских скоплений галактик. А если бы наш сверхъестественный исследователь точно так же развернул перед собой «ткань полотна времени», то его пораженный взгляд зафиксировал бы абсолютное множество дискретных темпоральных локализаций последовательных квантовых мгновений на летящей в бесконечность стреле времени.

Надо заметить, что синтетические принципы квантовой хронофизики, органически включающие в себя основные идеи квантовой теории, позволяют существенно расширить границы логической реинтерпретации фундаментального принципа причинности и детерминизма окружающего физического мира. Так, структуру дискретно-темпорального Мультиуниверсума можно было бы описать с учетом всех известных моделей времени. Во внешнем пространстве Пуанкаре — Перельмана, где происходят генерация и развитие миров, время выглядит субстанциально-статическим, а в собственных границах внутреннего многообразия Пуанкаре — Перельмана нашего Мира временные отношения уже можно считать реляционно-динамическими.

Подобная концепция пространства-времени может объединить фрагментарные модели, справедливые для определенного уровня организации материи, консолидируя законы развития микро- и мегаструктур в окружающем Мире. Отдельный вопрос составляет вид фундаментальных корреляций между последовательными мирами Мультиуниверсума. Здесь многое еще неясно, и необходимы дополнительные исследования, но уже сейчас можно сказать, что основой для построения структуры Мультиуниверсума могут служить его волновая функция, квантовое чистое запутанное состояние, декогерентизация и сепарация.

-216-

Естественно, что всякая новая теория, в том числе и хроно-квантовая механика, представляет собой лишь относительную истину, но это, конечно, не дает оснований для априори непризнания внесенных ею новых идей и понятий. Хронофизические понятия в той или иной форме, несомненно, будут претерпевать дальнейшее развитие, но, скорее всего, их эволюция пойдет в сторону последующего отхода от классических представлений квантовой механики.

«…Все его перемещения из личности в личность, вдоль и поперек реальностей, по Сети и хронопетлям учету вообще не поддаются. Он сейчас представлял собой химеру ничуть не менее странную, чем реальность, в которую его занесло.

В каком-то смысле можно сказать, что ему удалось добраться до пресловутой точки Алеф, из которой открывается выход в любую мысленную реальность, как если бы он стоял сейчас на географическом полюсе Земли, Северном или Южном — неважно. У ног — веер меридианов, триста шестьдесят, если по градусу считать. А если по минутам и секундам? Иди по любому, и придешь в Москву, Магадан, Вашингтон или Рио-де-Жанейро — точки, разделенные десятками тысяч километров. А на полюсе достаточно было шага или двух, чтобы выбрать путь, ведущий на противоположную сторону планеты.

Пешком — долго, конечно, но любое направление тебе открыто, и любое совершенно равноценно, если все равно, куда идти… Крути головой и выбирай. А если не пешком? На реактивном перехватчике — полсуток до противоположного полюса, а ежели использовать СПВ (фантастическая установка сверхпространственных перемещений. — Прим. автора) — вообще практически мгновенно.

Причем, что самое важное, не нужно пересекать барьеры между реальностями (те же меридианы), которые нередко оказываются непреодолимыми».

Василий Звягинцев. Скорпион в янтаре

В частности, вполне логично подвергнуть темпоральному анализу традиционные формы детерминизма лапласовского толка. По мере структурирования атемпоральной

физической реальности становится ясно, что развитие новых представлений будет сопровождаться возникновением целого ряда философско-метафизических вопросов, связанных с анализом атемпоральной природы окружающего материального мира. Подобные вопросы прямо или косвенно касаются связи между средствами наблюдения темпоральных явлений и параметрами хроноквантовых микрообъектов, а также фундаментальных понятий вероятности в новой формулировке темпорального принципа причинности.

Блестящий популяризатор науки и видный физик-теоретик, специализирующийся в области суперструн и *М*-теории, Брайан Грин в своей замечательной книге «Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории» отмечал: *«…При объединении уравнений общей теории относительности и квантовой механики начинаются тряска, грохот и шипение пара, как в перегретом котле. Если выражаться менее образно, несчастливый союз этих двух теорий может приводить к появлению бессмысленных ответов на корректно поставленные физические вопросы. Даже если вы позволите глубинам черных дыр и началу Вселенной и далее скрываться под покровом тайны, вам не удастся избежать ощущения, что враждебность между квантовой механикой и общей теорией относительности вопиет о необходимости выработки более глубокого уровня понимания. Возможно ли, чтобы Вселенная была разделена на наиболее фундаментальном уровне, требуя одного набора законов для больших объектов и другого, несовместимого с первым, для малых?»*

Чтобы осмыслить методологический кризис в современной физике, необходимо вспомнить, что в квантовой теории одну из ее принципиальных особенностей составляет вероятностная интерпретация. Отсюда следуют и неизбежность фундаментального индетерминизма физических явлений, и многомировая парадигма и геометродинамика Вселенной.

При этом не будет явным преувеличением считать, что целый ряд концептуальных проблем и даже явных противоречий в квантовой механике заставляет сомневаться в исчерпывающей полноте ее основополагающего базиса. Ведь

природа некоторых явлений квантовой механики не до конца понятна и опирается в основном на интуитивные физические представления. В сложившейся ситуации вполне возможно, что ввод новых модельных концепций из области дискретной темпоралогии позволит по-новому осветить ряд разделов квантовой механики и космологии и даже подойти к ответу на вопрос, поставленный Брайаном Грином.

В заключение хочется еще раз обратиться к мыслям этого замечательного ученого: *«Один из критериев глубины физической теории — это степень, где она изменяет наше мировоззрение в отношении тех понятий, которые до этого считались незыблемыми. В соответствии с этим критерием квантовая механика и теория относительности находятся за гранью самых безумных ожиданий. Волновые функции, вероятности, квантовое туннелированние, беспорядочные флуктуации вакуумной энергии,*

перемешивание пространства и времени, относительность одновременности, искривление пространства, черные дыры, Большой Взрыв. Кто мог предположить, что интуитивный, механистический, раз и навсегда заведенный мир Ньютона окажется жалким частным случаем и что существует целый мир, лежащий прямо за порогом мира обычных вещей?

Но даже эти потрясающие основы открытия — лишь элементы всеобъемлющей схемы. С твердой верой, что законы большого и малого должны сливаться вместе в согласованное целое, физики упорно охотятся за ускользающей единой теорией. Поиск не завершен, но благодаря теории суперструн, обобщенной до М-теории, возникла в конце концов убедительная схема для объединения квантовой теории, общей теории относительности, а также теорий сильного, слабого и электромагнитного взаимодействий. Изменение наших взглядов на мир, порожденное этими достижениями, фундаментально: мы представляем себе струнные петли и вибрирующие капли, которые увлекают все элементы мироздания в танец колеблющихся мод, педантично исполняемый во Вселенной с многочисленными скрытыми измерениями, способными претерпевать экстремальные изгибы, при которых структура пространства-времени рвется и затем снова себя восстанавливает. Кто мог подумать, что

-219-

слияние гравитации и квантовой механики в единую теорию материи и взаимодействий приведет к такой революции в нашем понимании устройства Вселенной?»

Рис. 69. Генерация на квантовой браме омега-области с экстремумом в точке Алеф

«Я видел густо населенное море, видел рассвет и закат, видел толпы жителей Америки, видел серебристую паутину внутри черной пирамиды, видел разрушенный лабиринт (это был Лондон), видел бесконечное число глаз рядом с собою, которые вглядывались в меня, как в зеркало, видел все зеркала нашей планеты, и ни одно из них не отражало меня, видел в заднем дворе на улице Солера те же каменные плиты, какие видел тридцать лет назад в прихожей одного дома на улице Фрая Бентона, видел лозы, снег, табак, рудные жилы, испарения воды, видел выпуклые экваториальные пустыни и каждую их песчинку, видел в Инвернессе женщину, которую никогда не забуду, видел

ее пышные волосы, гордое тело, видел рак на груди, видел круг сухой земли на тротуаре, где прежде было дерево, видел загородный дом в Адроге, экземпляр первого английского перевода Плиния, сделанного Файлмоном Голландом, видел одновременно каждую букву на каждой странице (мальчиком я удивлялся, почему буквы в книге, когда ее закрывают, не смешиваются ночью и не теряются), видел ночь и тут же день, видел закат в Керегаро, в котором словно бы отражался цвет одной бенгаль-

ской розы, видел мою пустую спальню, видел в одном научном кабинете в Алкмаре глобус между двумя зеркалами, бесконечно его отражавшими, видел лошадей с развевающимися гривами на берегу Каспийского моря на заре, видел изящный костяк ладони, видел уцелевших после битвы, посылавших открытки, видел в витрине Мирсапура испанскую колоду карт, видел косые тени папоротников в зимнем саду, видел тигров, тромбы, бизонов, морские бури и армии, видел всех муравьев, сколько их есть на земле, видел персидскую астролябию, видел в ящике письменного стола (от почерка меня бросило в дрожь) непристойные, немыслимые, убийственно точные письма Беатрис, адресованные Карлосу Архентино, видел священный памятник в Чакарите, видел жуткие останки того, что было упоительной Беатрис Витербо, видел циркуляцию моей темной крови, видел слияние в любви и изменения, причиняемые смертью, видел Алеф, видел со всех точек в Алефе земной шар, и в земном шаре опять Алеф, и в Алефе земной шар, видел свое лицо и свои внутренности, видел твое лицо; потом у меня закружилась голова, и я заплакал, потому что глаза мои увидели это таинственное, предполагаемое нечто, чьим именем завладели люди, хотя ни один человек его не видел: непостижимую Вселенную».

Хорхе Луис Борхес. Алеф

Без сомнения, поиск законченного и удобного вычислительного формализма теории суперструн сулит еще более грандиозные сюрпризы. Уже сейчас в исследованиях по М-

теории мы увидели скрывающуюся за планковской длиной новую область Вселенной, в которой, возможно, нет понятия пространства и времени. И вот противоположная крайность: мы видели, что наша Вселенная может оказаться всего лишь одним из неисчислимых пузырей пены на поверхности широкого и турбулентного космического океана Мультивселенной. Эти рассуждения сейчас кажутся невероятными, но они могут предвещать следующий скачок в нашем понимании Вселенной.

Трагедия нашей цивилизации заключается в том, что человечество лишается величайших озарений. Одни ничего не знают о новейших открытиях науки, которые влияют на нашу жизнь, сознание и творчество, и думают, что к ним это никакого отношения не имеет, другие же настолько погружены

в эмоционально-художественный мир, что не подозревают: наука находится в той же плоскости, что и самые смелые фантазии, но необозримо далеко превосходит их по внутреннему содержанию.

Итак, что же будет, если применить выводы теоремы Пуанкаре — Перельмана именно в пограничных точках эволюции окружающего нас пространства-времени?

Оказывается, вместо библейских сказаний о едином месте и времени «творения сущего» неким высшим разумом мы окажемся именно в точке Алеф внутри омега-пространства своеобразного гиперузла компактифицированных мировых линий непроявленной реальности. Почему же столь абстрактный и по-своему красивый образ так всполошил ученых — научных шизофреников (это понятие ввел наш выдающийся современник академик Виталий Лазаревич Гинзбург, и означает оно раздвоение личности при постижении объективной физической реальности и одновременной проповеди сказочной теологии) из той же Папской академии наук?

Ответ очевиден: это самодостаточность нашего Мира, способного эволюционировать в метрике псевдоевклидова пространства без всякого вмешательства высших сил, просто в силу своего строения, объясняемого математической моделью Пуанкаре — Перельмана.

Так, гипотеза бога оказалась в очередной (очень хочется верить — последний) раз совершенно излишней уже в области математической физики. При этом несомненно, что многие философские выводы из замечательного открытия нашего гениального соотечественника еще ждут своих исследователей. В частности, есть все основания считать, что теорема Пуанкаре — Перельмана ставит под большое сомнение модный сегодня

квантовый идеализм.

Так какой же практический вывод можно сделать из математического открытия Перельмана, если немного отвлечься от чистого теоретизирования в глубинах многомерных пространств? Ответ более чем неожиданный: от развития топологической модели нашего Мира напрямую зависит существование нашей цивилизации!

-222-

Прислушаемся к словам известного американского физика японского происхождения Мичио Каку, который в своей замечательной книге «Параллельные миры» поднимает схожую проблематику: *«Существует закон физики, согласно которому разумная жизнь во Вселенной в конце концов непременно погибнет. Но существует и закон эволюции, согласно которому при изменении окружающей среды жизнь должна либо покинуть ее, либо адаптироваться к ней, либо погибнуть. Поскольку адаптироваться ко Вселенной, несущей ледяную смерть, невозможно, то остаются лишь два варианта — либо умереть, либо покинуть эту Вселенную. Возможно ли, что, столкнувшись лицом к лицу с неотвратимой смертью Вселенной, цивилизации, отстоящие от нас на триллионы лет, достигнут успеха в разработке технологий, которые позволят покинуть нашу Вселенную и на суперкосмической "спасательной шлюпке" отправиться в другую Вселенную, намного более молодую и "горячую"? Или же они используют свои высочайшие технологии для построения "временного кольца" и отправятся в свое прошлое, в котором температура на планетах была намного выше?»*

Рис. 70. Многоразмерный Алеф-экстремум омега-гиперповерхности

> «Но как описать другим Алеф, чья беспредельность непостижима и для моего робкого разума? Мистики в подобных случаях пользуются эмблемами: Перс, чтобы обозначить

-223-

> божество, говорит о птице, которая каким-то образом есть все птицы сразу; Аланус де Инсулис — о сфере, центр которой находится всюду, а окружность нигде; Иезекииль — об ангеле с четырьмя лицами, который одновременно обращается к Востоку и Западу, к Северу и Югу. (Я не зря привожу эти малопонятные

аналогии, они имеют некоторое отношение к Алефу.) Быть может, боги не откажут мне в милости и я когда-нибудь найду равноценный образ, но до тех пор в моем сообщении неизбежен налет литературщины, фальши. Кроме того, неразрешима главная проблема: перечисление, пусть неполное, бесконечного множества. В грандиозный этот миг я увидел миллионы явлений — радующих глаз и ужасающих, — ни одно из них не удивило меня так, как тот факт, что все они происходили в одном месте, не накладываясь одно на другое и не будучи прозрачными. То, что видели мои глаза, совершалось одновременно, но в моем описании предстанет в последовательности — таков закон языка. Кое-что я все же назову.

На нижней поверхности ступеньки, с правой стороны, я увидел маленький, радужно отсвечивающий шарик ослепительной яркости. Сперва мне показалось, будто он вращается, потом я понял, что иллюзия движения вызвана заключенными в нем поразительными, умопомрачительными сценами. В диаметре Алеф имел два-три сантиметра, но было в нем все пространство Вселенной, причем ничуть не уменьшенное. Каждый предмет (например, стеклянное зеркало) был бесконечным множеством предметов, потому что я его ясно видел со всех точек Вселенной».

Хорхе Луис Борхес. Алеф

Некоторые физики, привлекая новейшие достижения науки, построили несколько правдоподобных, хотя и в высшей степени гипотетических схем, которые должны подтвердить реальность создания космических порталов или ворот в другую Вселенную. Доски физических аудиторий по всему миру исписаны абстрактными уравнениями: физики вычисляют, возможно ли использование «экзотической энергии» и черных дыр для поисков туннеля, ведущего в другую Вселенную. Может ли развитая цивилизация, по технологическим разработкам обгоняющая нашу на миллионы и миллиарды лет, воспользоваться известными законами физики для перехода в другую Вселенную?

-224-

Если же пространственно-временные туннели и порталы окажутся слишком тесными для массового переселения в другую Вселенную, то возможен еще один вариант: свести все информационное содержание развитой разумной цивилизации до

молекулярного уровня и пропустить через туннель, а там оно снова организуется в самое себя. Таким образом, целая цивилизация сможет перенести свои «семена» через этот коридор и на новой почве снова расцвести во всей своей красе. Гиперпространство перестанет быть игрушкой в руках физиков-теоретиков и вполне сможет стать единственным спасением для разумной жизни, оказавшейся в умирающей Вселенной.

Получается, что в преддверии конца света наш гибнущий Мир могут спасти только физики-теоретики? Немного неожиданный вывод, глубинный смысл которого еще предстоит понять многим следующим поколениям ученых!

Поразительно то, что совершенно иное звучание данному вопросу придали именно построения Григория Перельмана, совершенно по-новому представившего эту довольно странную и, можно сказать, в чем-то полумистическую проблему.

Заключение

«Ничто не производит столь сильного впечатления, как то обстоятельство, что математика, чем выше она возносится в горные области все более абстрактной мысли, неизменно возвращается на землю, обретая все большее значение для анализа конкретного факта… парадокс, окончательно установленный ныне, состоит в том, что именно предельные абстракции являются тем истинным оружием, которое правит нашим осмыслением конкретного факта».

Альфред Норт Уайтхед. Наука и современный мир

Рис. 71. Графический образ континуальных преобразований в теореме Пуанкаре — Перельмана (цифрами обозначена последовательность топологических итераций в преобразованиях Пуанкаре — Перельмана)

-226-

Когда мы думаем о Вселенной, она представляется нам чем-то безграничным, как огромное помещение или зал. Однако последние исследования топологии Космоса показывают, что он скорее напоминает баранку или велосипедную шину. Силы гравитации могут закручивать его таким странным образом. Ученые пришли к такому необычному выводу, наблюдая за самыми удаленными от Земли объектами — квазарами. Они сравнили группы объектов в противоположных направлениях и с удивлением обнаружили как будто бы один и тот же объект. Как же это может быть? Космологи предлагают такое объяснение: мы сидим внутри баранки и принимаем световые лучи, распространяющиеся не по прямой. От одного и того же далекого квазара лучи могут прийти на Землю и с одной, и с другой стороны. После долгого и тщательного перебора всех известных квазаров астрофизики нашли несколько групп таких взаимно подобных объектов. Это, конечно, мало для законченной теории и может оказаться просто влиянием случайных факторов. Но вот математики говорят, что, в принципе, баранка ничему не противоречит и эта гипотеза требует дальнейшей разработки и проверки.

Рис. 72. Эволюция метрики замкнутого многообразия Пуанкаре — Перельмана

«Таким образом, будущие перспективы поглощения квантовой физикой не только теории вычисления, но и теории доказательства (у которой есть альтернативное название —

мета-математика) представляются мне свидетельством двух тенденций. Первая тенденция в том, что человеческое знание в целом продолжало принимать единую структуру, которой оно должно обладать, если оно понятно в том смысле, на который я надеялся. И вторая тенденция в том, что сама единая структура должна состоять из непрерывно углубляющейся и расширяющейся теории фундаментальной физики…

Точно так же, если мы понимаем знание и адаптацию как структуру, которая тянется через множество вселенных, то мы ожидаем, что принципы эпистемологии и эволюции можно прямо выразить в виде законов о структуре Мультиверса. То есть они являются физическими законами, но на исходящем уровне».

Дэвид Дойч. Структура реальности

Так из чего же построен наш Мир? Какова его глубинная фундаментальная структура?

Увы! Если бы нам удалось преодолеть быстротечный поток времени и созвать вневременную научную конференцию, то в философском плане вряд ли современные исследователи смогли бы поразить своими достижениями античных ученых. Парадоксально, но из всего нашего рассказа читатель может сделать единственный вывод: Мир построен из ничего! И это «ничто» совершенно невероятного Макромира, лежащее за гранью восприятия современных самых чувствительных приборов, еще ждет своих исследователей.

В этой небольшой книге мы попытались показать, как замечательное открытие нашего гениального соотечественника —

математика Григория Перельмана — позволило в очередной раз отодвинуть границу непознанного в современной объективной реальности окружающего нас Мира и как ученые самоотверженно продвигаются вперед по тернистым тропам знания.

Конечно же, надо понимать, что многие теоретические выводы из теоремы Пуанкаре — Перельмана еще недостаточно ясны и им еще только предстоит занять свое место в общей научной картине Мироздания. Это заставляет очень осторожно относиться к разнообразным околонаучным сенсациям, активно распространяемым вокруг творчества петербургского

-228-

ученого недобросовестными журналистами. В то же время не менее сенсационной была бы популяризация, например, такой интересной темы, как роль построений Г. Я. Перельмана в многомировой интерпретации эволюции Вселенной.

Ну а как же оценила отечественная наука выдающийся вклад петербургского математика? Наверное, Григорий Яковлевич давно уже удостоен степени доктора физико-математических наук без соискания и защиты? Или как минимум избран членом-корреспондентом РАН? Увы, ни ВАК, ни РАН, похоже, даже не задумались над этим вопросом… Известно, что лучше всего оценить проблему можно издалека, поэтому в заключение приведем фрагменты из репортажа замечательного физика-теоретика, философа и бизнесмена, президента нью-йоркской фирмы Math Tech Inc, работающей в сфере высоких технологий, президента Международного комитета интеллектуального сотрудничества, а также научного обозревателя из Нью-Йорка Ю. Б. Магаршака, который всегда просто поражает точностью отдельных формулировок и окончательных выводов: *«В математическом мире сенсация. Григорий Перельман, математик из Санкт-Петербурга, доказал гипотезу Пуанкаре, тем самым решив одну из самых знаменитых нерешенных в XX веке математических задач. При этом великий математик не хочет переезжать ни в какую другую страну и ни в какой другой город. Такой вот истинно русский и истинно петербургский патриот. Патриот своей Большой и своей Малой Родины.*

Прекрасно! Но не совсем. Дело в том, что Григорий Яковлевич живет крайне скромно, почти бедно, и — внимание! — в настоящее время сотрудником Математического института Стеклова Российской академии наук не является. То есть вообще не работает в системе академии наук. По одним сведениям, он был уволен, по другим — уволился сам. Но так или иначе — формально великий математик сегодня является безработным.

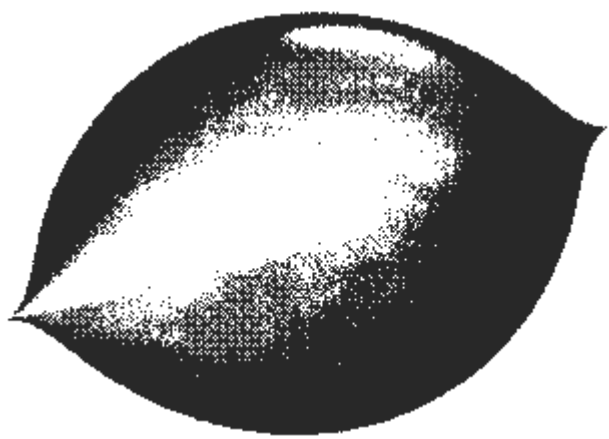
С математиками такие вещи бывали. Тонкие люди, не от мира

сего. Нередко странные — с точки зрения окружающего их мира. Галуа, величайший французский математик, создатель того, что сегодня называют теорией групп, умерший совсем рано, но успевший неимоверно много сделать, тоже жил

-229-

непростой жизнью и был, мягко говоря, не вписывающимся в прокрустово ложе традиционного поведения человеком. Жизнь замечательных — и более того, гениальных! — людей, бесспорно, прежде всего их дело. Их поступки порой могут казаться странными. Маниакальная пунктуальность и замкнутость Канта, высунутый язык и подбрасываемые шляпы Эйнштейна, невероятная рассеянность химика и композитора Бородина…»

Мнение Юрия Борисовича целиком и полностью поддерживает израильский ученый Олег Фиговский, академик Европейской академии наук, считающий, что среди всех подразделений российской науки наиболее признанной в мире, бесспорно, является великая математическая школа. Естественно полагать, что в этой области действительными членами и членами-корреспондентами РАН (как и в ее предшественнице Академии наук СССР) являются наиболее достойные. «Посмотрим, — предлагает доктор Фиговский, — на такой критерий, как присуждение Филдсовской медали (аналог Нобелевской премии в математике)».



Zitrus $x^2 + z^2 = y^3(1 - y)^3$

Рис. 73. Живем ли мы внутри черной дыры? «Цитрусовая» поверхность метрики Керра как история нашего Мира от Большого Взрыва до Большого хлопка по теореме Пуанкаре — Перельмана

«Гипотеза космической цензуры утверждает, что сингулярность нельзя увидеть снаружи. В частности, из этой гипотезы следует, что должна существовать некоторая область, откуда невозможно отправить сигналы во внешнюю бесконеч-

ность. Границей этой области является горизонт событий. Мы можем также использовать теорему о границе, состоящую в том, что горизонт событий является границей прошлого для будущей нулевой бесконечности. Следовательно, мы знаем, что эта граница должна быть нулевой поверхностью, которая является гладкой и генерируется нулевыми геодезическими, содержит неограниченную в будущем нулевую геодезическую, исходящую из каждой точки, в которой отсутствует условие гладкости, и что площадь пространственных сечений не может уменьшаться со временем.

Кроме того… асимптотическим пределом такого пространства-времени в будущем является пространство-время Керра. Это примечательный результат, поскольку метрика Керра является очень интересным точным решением эйнштейновских уравнений в вакууме».

Роджер Пенроуз. Структура пространственно-временных сингулярностей

В отличие от Нобелевской премии (при присуждении которой возраст номинанта не важен, главное, чтобы он был жив) Филдсовская медаль вручается только ученым в возрасте до 40 лет. Открытия в математике совершаются рано, потому практически все они — ведущие ученые. Филдсовские медали присуждаются математическими конгрессами раз в четыре года двум-четырем лауреатам (в пересчете на год в среднем филдсовских лауреатов даже меньше, чем, скажем, лауреатов Нобелевской премии по физике или литературе). Так вот, восемь представителей советской и российской математической школы (шестеро из Москвы, двое из Санкт-Петербурга) стали филдсовскими лауреатами! Напомним их имена: Сергей Петрович Новиков (1970), Григорий Александрович Маргулис (1978), Владимир Гершонович Дринфельд (1990), Ефим Исаакович Зельманов (1994), Максим Львович Концевич (1998),

Владимир Александрович Воеводский (2002), Григорий Яковлевич Перельман и Андрей Юрьевич Окуньков (2006). Как вы думаете, сколько из этих ученых являются академиками или членами-корреспондентами РАН? Один!

-231-

В свою очередь профессор Магаршак обоснованно считает, что одно дело, как живут великие люди, и совсем другое — объективное признание их заслуг другими людьми, не столь великими, но очень влиятельными. Число истинно великих людей в любой стране в каждой области знаний или искусства можно пересчитать по пальцам. Их намного меньше, чем вакансий в академиях наук и престижных премий, даже таких, как «Оскар» и Нобелевская премия. Во всех странах, не только в России.

Сегодня Григорию Перельману прочат самые престижные математические премии мира. Но его история — не та, которая в прошлом, а та, которая в настоящем и будущем, — одновременно является лакмусовой бумажкой российской науки, Российской академии наук и даже России в целом.

Профессор Магаршак приводит любопытный исторический казус, связанный с Российской академией наук и великим русским химиком Дмитрием Ивановичем Менделеевым: *«… создатель периодической системы элементов, используемой до сих пор, и признанный во всем мире как один из величайших ученых всех времен так никогда и не был избран академиком Российской академии наук. Несмотря на свою долгую жизнь.*

Сейчас даже трудно представить, по каким причинам это могло произойти. И кто были академики Российской академии наук при царях-батюшках, в течение десятилетий (!) голосовавшие против Дмитрия Ивановича. Общественность так никогда и не узнала поименно "тех, кто поднял руку", хотя, казалось бы, что может быть светлее и справедливее, чем указать на тех, кто стоял на пути одного из величайших ученых России. Указать не пальцем, хотя бы всего лишь словом.

Кому-то — прежде всего власть имущим — характеры и личности тех или иных гениев приходятся не по нраву. Так было во всех странах и во все века — люди есть люди. Людовик XVI вместо Вольтера властителем умов предпочел бы иметь во Франции роялиста, Гитлер немало бы отдал за то, чтобы революционером в науке был не Эйнштейн, а чистопородный ариец, Николай I в качестве короля поэтов вместо Пушкина

-232-

был бы счастлив чествовать Бенкендорфа или Булганина, Николай II был бы несказанно обрадован, если бы автор "Войны и

мира" был верноподданным царедворцем (ну просто гора с плеч, куда приятнее награждать орденами, чем анафеме предавать), и уж не знаю, чем не угодил российской интеллектуальной элите Дмитрий Иванович Менделеев, великий ученый и патриот. Все как один и как на подбор — неприятные (для власть имущих своего времени, но, разумеется, не для нас с вами и прочих потомков) люди. Что делать? Гениев не выбирают, елико выбирать не из кого, штучный товар».

Конечно, следует признать, что сегодня Российская академия наук переживает не самые светлые времена. Пропасть между шестидесятилетними ветеранами и молодыми аспирантами ничем не заполняется, грозя превратиться в обрыв. Цитируемость во всем мире трудов сотрудников академии — всего полпоколения назад бывших ядром советской науки, второй в мире, особенно в точных науках, причем с огромным отрывом от академий наук всех европейских стран, — стремительно падает. Общее собрание Российской академии наук, которое должно было бы пройти в декабре 2009 года, перенесено на неопределенный срок — до внесения изменений в устав РАН и до утверждения этого устава Правительством Российской Федерации. К тому же в самой академии намечаются штатные сокращения, а это заведомо конфликтная ситуация. Говоря объективно, и Президиуму РАН, и рядовым академикам сегодня, скорее всего, не до таких «мелочей», как Перельман.

Рис. 74. Проверка топологической целостности Вселенной по теореме Пуанкаре — Перельмана в процессе подпространственных переходов из одного мира в другой

«Хотя Эйнштейн считал, что черные дыры — явление слишком невероятное и в природе существовать не могут, позднее,

такова ирония судьбы, он показал, что они еще более причудливы, чем кто-либо мог предположить. Эйнштейн объяснил возможность существования пространственно-временных "порталов" в недрах черных дыр. Физики называют эти порталы червоточинами, поскольку, подобно червю, вгрызающемуся в землю, они создают более короткий альтернативный путь между двумя точками. Эти порталы также называют иногда порталами или вратами в другие измерения. Как их ни

назови, когда-нибудь они могут стать средством путешествий между различными измерениями, но этот случай крайний.

Первым, кто популяризовал идею порталов, стал Чарльз Доджсон, который писал под псевдонимом Льюис Кэрролл. В "Алисе в Зазеркалье" он представил портал в виде зеркала, которое соединяло пригород Оксфорда и Страну чудес. Поскольку Доджсон был математиком и преподавал в Оксфорде, ему было известно об этих многосвязных пространствах. По определению, многосвязное пространство таково, что лассо в нем нельзя стянуть до размеров точки. Обычно любую петлю можно безо всякого труда стянуть в точку. Но если мы рассмотрим, например, бублик, вокруг которого намотано лассо, то увидим, что лассо будет стягивать этот бублик. Когда мы начнем медленно затягивать петлю, то увидим, что ее нельзя сжать до размеров точки; в лучшем случае, ее можно стянуть до окружности сжатого бублика, то есть до окружности дырки.

Математики наслаждались тем фактом, что им удалось обнаружить объект, который был совершенно бесполезен при описании пространства. Но в 1935 году Эйнштейн и его студент Натан Розен представили физическому миру теорию порталов. Они попытались использовать решение проблемы черной дыры как модель для элементарных частиц. Самому Эйнштейну никогда не нравилась восходящая ко временам Ньютона теория, что гравитация частицы стремится к бесконечности при приближении к ней. Эйнштейн считал, что эта сингулярность должна быть искоренена, потому что в ней нет никакого смысла».

Мичио Каку. Параллельные миры

Но это не мелочь. Это судьба гениального ученого в России, которая, как планета, притягивающая астероиды, может

либо привлечь тысячи не гениальных, но крупных и признанных русскоговорящих ученых со всего мира, профессионалов во всех областях науки и технологий, которые, вернувшись, могут преобразить Россию, тех, кто собирается за границу, которых после присоединения России к Болонскому процессу становится все больше, либо еще более оттолкнуть их. Это пример (отрицательный или положительный) для сотен тысяч

молодых людей, которые сегодня идут — или не идут — в науки и технологии. Почему примером для сегодняшней молодежи в России (как, впрочем, к сожалению, и во всем мире) являются поп-звезды и худосочные дивы-модели, которые могут только дефилировать по подиуму, крутя всеми частями тела, кроме извилин мозга, а не Гении Познания и Созидания? Может ли молодой человек на улицах Парижа, Москвы или Нью-Йорка назвать хотя бы одного живого нобелевского лауреата, который не проживает в его стране?!!

На этом всемирном фоне есть и визитная карточка Русского Интеллекта и Русского Бытия. Ибо и в Америке, и в Европе ученые ведут очень достойную по западным меркам жизнь. Их достижения все-таки чествуются. Почему бы санкт-петербургской мэрии не подарить квартиру великому гражданину города и патриоту? Почему бы не устроить чествование великого математика — после получения им премии, от которой он не откажется, — на Родине, подобного тем празднествам, которые чуть ли не ежедневно устраиваются во дворцах Петербурга и его пригородов? Причем сделать это с тактом и интеллигентностью, присущими этому великому городу.

Почему бы не начать с Перельмана прекрасную традицию: славить великих соотечественников, получивших признание в мире?!

> «Если Григорий Яковлевич Перельман на ближайших выборах в академию будет избран академиком Российской академии наук — не членом-корреспондентом, а именно академиком — значит, российская наука здорова. Если нет — значит, болезнь ее столь же серьезна, как и во времена Менделеева. И ее реорганизация не просто назрела — необходима и вопиет».
>
> *Юрий Борисович Магаршак*

Словарь терминов

Алгебраическая топология— область математики, раздел топологии, изучающий топологические пространства путем сопоставления им алгебраических объектов, а также поведение этих объектов под действием различных топологических операций. Применение алгебраических методов в топологии основывается на том соображении, что алгебраические структуры устроены проще, чем топологические.

Алеф— первая буква алфавита священного языка каббалистов. В Каббале она обозначала Эйн-Соф, место полного познания, точку, откуда дух воспринимает сразу всю совокупность явлений, причин и их смысла. Во многих текстах сказано, что эта буква в форме человека, показывающего на небо и на землю, избрана, чтобы дать понять, что мир внизу — зеркало и картина мира, находящегося вверху. Точка, находящаяся по ту сторону бесконечности, — высшая точка, откуда раскрывается вся Вселенная, точка, откуда может быть воспринят сразу весь мир, и завершение Великого Делания алхимиков. Предполагается, что сами по себе точки Алеф существуют во многомерном пространстве и в них представлена вся непрерывность пространства-времени, от суперструн до самой отдаленной границы Вселенной.

Анизотропная среда— среда, макроскопические свойства которой различны в различных направлениях, в противоположность среде изотропной, где они не зависят от направления. Формально анизотропия однородной безграничной среды означает неинвариантность ее свойств относительно группы вращений. Поскольку у реальной среды обычно есть границы, при строгом подходе к определению анизотропии необходимо иметь в виду не абстрактную безграничную среду, а сделанный из этой среды макроскопически однородный шар. Среду следует считать анизотропной, если существует экспериментально обнаружимый поворот вокруг центра указанного шара. Анизотропные свойства сплошной среды описываются тензорными величинами; в неоднородной анизотропной среды они меняются от точки к точке. Среды, анизотропные для одного класса явлений, могут вести себя как изотропные по отношению к другому классу. В изотропной среде соответствующие тензоры сводятся к единичным. Анизотропные среде обычно классифицируют по типу симметрии их структуры, которая характеризуется распределением частиц в пространстве и корреляцией между ними. По принципу Неймана симметрия

любого физического свойства не может быть ниже симметрии структуры среды.

Большой Взрыв— гипотетический космический катаклизм взрывного характера, из которого, согласно современным представлениям,

возникла наблюдаемая Вселенная. В основу сценария Большого Взрыва положена космологическая модель Вселенной, развивающаяся из первичной космологической сингулярности. Она предсказывается общей теорией относительности и состоит в однородном и изотропном расширении космического пространства в метагалактических масштабах. Экспериментально расширение Вселенной наблюдается в виде выполнения закона Хаббла. Теория Большого Взрыва в настоящее время является общепризнанной парадигмой физической космологии, наилучшим образом объясняющей весь массив наблюдательной информации. По современным представлениям, наблюдаемая нами сейчас Вселенная возникла 13,7 ± 0,2 миллиарда лет назад из некоторого начального сингулярного состояния с гигантскими температурой и плотностью и с тех пор непрерывно расширяется и охлаждается. Ранняя Вселенная представляла собой однородную и изотропную среду с необычайно высокой плотностью энергии, температурой и давлением. В результате расширения и охлаждения во Вселенной произошли фазовые переходы, аналогичные конденсации жидкости из газа, но применительно к элементарным частицам.

Большой разрыв— гипотетический конец Вселенной при ее расширении и увеличении пространственной метрики. Выражается в распаде всех материальных элементарных частиц и исчезновении всех сил.

Большой хлопок— гипотетический всеобщий космологический коллапс нашей Вселенной в единую точку космологической сингулярности. Своеобразный обратный по времени аналог Большого Взрыва.

Брана— сценарий мира на бране не исключает возможности в рамках теории струн или мембран (М-теории), что наши привычные три пространственных измерения являются 3-браной. Существуют D-браны или «клейкие» p-браны Дирихле, к которым прикреплены концы открытых струн, с p-пространственными измерениями.

Вакуум (вакуумное состояние)— в квантовой теории — основное состояние квантованных полей, обладающее минимальной энергией, нулевыми импульсом, угловым моментом, электрическим зарядом и другими квантовыми

числами. Часто вакуум определяют также как состояние, в котором отсутствуют какие-либо реальные частицы, то есть состояние, действие на которое операторов уничтожения дает нулевой результат (так называемый математический вакуум). Возможность виртуальных процессов в вакууме приводит к ряду специфических эффектов при взаимодействии с ним реальных частиц. Для физического вакуума, в отличие от математического, вакуумное среднее от произведения двух операторов полей в одной точке пространства-времени может быть не равным нулю. Понятие «вакуум» является

одним из основных в том смысле, что его свойства определяют свойства всех остальных состояний, так как любой вектор состояния в представлении вторичного квантования может быть получен из вакуумного действием на него оператора рождения частиц.

Векторное поле— физическое поле, состоящее из трех независимых компонент, изменяющихся при поворотах координатных осей или преобразованиях Лоренца как компоненты вектора или 4-вектора. Примером векторного поля может служить поле скоростей или электромагнитное поле (описываемое четырехмерным вектор-потенциалом). В квантовой теории поля квантами векторного поля являются векторные частицы с единичным спином. При этом действительному векторному полю соответствует электрически нейтральная частица, а комплексному — заряженная частица (и ее античастица с зарядом противоположного знака). По поведению относительно пространственной инверсии с заменой координат векторные поля делят на собственно векторные, меняющие знак при инверсии, и аксиальные, или аксиально-векторные, не меняющие знака.

Временноподобная бесконечность будущего— область пространства-времени в очень далеком будущем — области пространства-времени, куда идут мировые линии материальных объектов.

Временноподобная бесконечность прошлого— область пространства-времени в удаленном прошлом, откуда пришли все мировые линии частиц вещества.

Временноподобная мировая линия— траектория в пространстве-времени, образующая с осью времени угол менее 45°.

Вселенная— вся окружающая нас объективная физическая реальность. Астрономы и физики обычно подразумевают под этим ту ее часть, которая в принципе доступна изучению

естественнонаучными методами. Астрономическая Вселенная, или Метагалактика, — это часть Вселенной, доступная наблюдениям в настоящее время или в обозримом будущем. Возраст Вселенной — время, прошедшее от начала ее расширения, сейчас его определяют в 13,7 миллиарда лет.

Геодезическая линия— кривая определенного типа, обобщение понятия «прямая» в искривленных пространствах. Конкретное определение зависит от типа пространства. Например, на двумерной поверхности, вложенной в евклидово трехмерное пространство, геодезические линии — это линии, достаточно малые дуги которых являются на этой поверхности кратчайшими путями между их концами. На плоскости это будут прямые, на круговом цилиндре — винтовые линии, на сфере — большие круги. Геодезические линии активно используются в релятивистской физике. Так, траектория свободно падающего незаряженного пробного тела в общей теории относительности и вообще

в метрических теориях гравитации является геодезической линией наибольшего собственного времени, то есть времени, измеряемого часами, движущимися вместе с телом. Часто физическую теорию, обладающую действием или выраженную в гамильтоновой форме, можно переформулировать как задачу отыскания геодезических линий на некотором римановом или псевдоримановом многообразии.

Гильберт Давид(1862–1943) — выдающийся немецкий математик-универсал, внес значительный вклад в развитие многих математических разделов. После смерти Анри Пуанкаре долгое время считался признанным мировым лидером математиков и философов-неопозитивистов. Работы Гильберта по теории алгебраических чисел преобразовали эту область математики и стали исходным пунктом ее последующего развития. Гильберт ввел ряд важных новых понятий — теорию числовых полей, вариационное исчисление и функциональный анализ, в частности, в спектральную теорию линейных операторов.

Гиперповерхность— срез четырехмерного пространства-времени.

Гиперсфера— сфера в гипотетическом многомерном пространстве.

Гипотеза Пуанкаре— топологическая задача, дающая достаточное условие того, что пространство является трехмерной сферой с точностью до деформации. В исходной форме утверждает, что всякое односвязное компактное трехмерное

многообразие без края гомеоморфно трехмерной сфере. Обобщенная гипотеза Пуанкаре содержит утверждение, что для любого *n*всякое многообразие размерности *n*гомотопически эквивалентно сфере размерности *n*тогда и только тогда, когда оно гомеоморфно ей. Исходная гипотеза Пуанкаре является частным случаем обобщенной гипотезы при $n = 3$. Она сформулирована французским математиком Пуанкаре в 1904 году. Попытки доказать гипотезу привели к многочисленным продвижениям в топологии многообразий. Доказательства обобщенной гипотезы Пуанкаре для $n > 5$ получены в начале 1960-1970-х годов почти одновременно Смейлом и Столлингсом (независимо и другими методами). Для $n > 1$его доказательство было распространено на случаи $n = 5$ и 6 Зееманом. Доказательство значительно более трудного случая $n = 4$ было получено только в 1982 году Фридманом. Из теоремы Новикова о топологической инвариантности характеристических классов Понтрягина следует, что существуют гомотопически эквивалентные, но не гомеоморфные многообразия в высоких размерностях. Доказательство исходной гипотезы Пуанкаре и более общей гипотезы Терстона было найдено только в 2002 году Г. Я. Перельманом. Впоследствии доказательство Перельмана было проверено и представлено в развернутом виде как минимум тремя группами ученых. Доказательство использует поток Риччи

с хирургией и во многом следует плану, намеченному Гамильтоном, который также первым применил поток Риччи.

Голая сингулярность— пространственно-временная сингулярность, не окруженная горизонтом событий.

Гомеоморфизм(от греч. *homoios*— подобный и гомео *morphe* — вид, форма) — топологическое взаимно-однозначное и непрерывное отображение, обратное к которому тоже непрерывно. Пространства, связанные гомеоморфизмом, топологически неразличимы.

Гомоморфный образ— образ математического объекта, имеющего структуру полугруппы, группы, кольца, алгебры при гомоморфном отображении. Иногда говорят и о гомоморфных образах других математических объектов, например графов.

Гомология— одно из основных понятий алгебраической топологии. Она дает возможность строить алгебраический объект (группу или кольцо), который является топологическим инвариантом пространства. Простейший пример: на поверхности замкнутая линия гомологична нулю, если она ограничивает кусок поверхности, который отделяется от нее, если мы произведем разрез по этой линии. Например, на сфере любая замкнутая

линия является таковой, а на торе хотя и существуют гомологичные нулю замкнутые линии, но разрез по меридиану или параллели не приведет к отделению куска поверхности.

Гомоморфизм(от греч. *homos* —равный, одинаковый и *morphe* —вид, форма) — морфизм в категории алгебраических систем. Это отображение алгебраической системы, сохраняющее основные операции и основные соотношения.

Горизонт событий— граница области пространства-времени, начиная с которой информация не может достичь наблюдателя из-за конечности скорости света, с которой может распространяться физический сигнал. Горизонт событий возникает в ходе гравитационного коллапса массивного облака пыли или звезды на поздних стадиях эволюции, при этом его образование для наблюдателя означает появление гравитационного коллапсара — черной дыры. С точки зрения стороннего наблюдателя, это мнимая поверхность в пространстве-времени, окружающая черную дыру, где все процессы замирают, а время как бы останавливается.

Гравитационная волна— возмущение гравитационного поля, предположительно распространяющееся со скоростью света. Теоретически возникает в решениях волнового типа уравнений Эйнштейна общей теории относительности, где представляет собой движущееся со скоростью света возбуждение метрики пространства-времени. Слабая (линейная) гравитационная волна является поперечной и описывается

двумя независимыми компонентами (поляризациями). Гравитационную волну излучает любая движущаяся ускоренно материя. Для возникновения волны существенной амплитуды необходимы чрезвычайно большая масса излучателя или/и огромные ускорения, амплитуда гравитационной волны прямо пропорциональна ускорению и массе генератора. Однако если некоторый объект движется ускоренно, то это означает, что на него действует некоторая сила со стороны другого объекта. В свою очередь этот другой объект испытывает обратное действие по III закону Ньютона. Получается, что два объекта излучают гравитационные волны только в паре, причем в результате интерференции они существенно взаимно гасятся.

Гравитация(всемирное тяготение, притяжение) — дальнодействующее фундаментальное взаимодействие в природе, которому подвержены все материальные тела. По современным данным, является универсальным взаимодействием в том смысле, что в отличие от любых других сил всем без исключения телам, независимо от их массы, придает одинаковое ускорение.

Гравитационное взаимодействие — одно из четырех фундаментальных взаимодействий в нашем мире. В рамках классической механики гравитационное взаимодействие описывается законом всемирного тяготения, который гласит, что сила гравитационного притяжения между двумя телами прямо пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Эта сила всегда противоположна по направлению радиус-вектору, направленному на тело, то есть гравитационное взаимодействие приводит всегда к притяжению любых тел. Поле тяжести потенциально, и если ввести потенциальную энергию гравитационного притяжения пары тел, то эта энергия не изменится после перемещения тел по замкнутому контуру. Потенциальность поля тяжести влечет за собой закон сохранения суммы кинетической и потенциальной энергии и при изучении движения тел в поле тяжести часто существенно упрощает решение. В рамках классической механики гравитационное взаимодействие является дальнодействующим. Это означает, что какое бы массивное тело ни двигалось, в любой точке пространства гравитационный потенциал зависит только от положения тела в данный момент времени. Большие космические объекты — планеты, звезды и галактики — имеют огромную массу и, следовательно, создают значительные гравитационные поля. Гравитация — слабейшее взаимодействие. Однако поскольку она действует на любых расстояниях и все массы положительны, это тем не менее очень важная сила во Вселенной. Для сравнения: полный электрический заряд этих тел ноль, так как вещество в целом электрически нейтрально. Также гравитация, в отличие от других взаимодействий, универсальна в действии на всю материю и энергию. Не обнаружены объекты, у которых вообще отсутствует

гравитация. Из-за глобального характера гравитация ответственна и за такие крупномасштабный эффекты, как структура галактик, черные дыры и расширение Вселенной, и за элементарные астрономические явления — орбиты планет, и за простое притяжение к поверхности Земли и падение тел.

Инвариант— величина, значение которой одинаково для всех наблюдателей независимо от их состояния движения.

Квантовая гравитация— направление исследований в теоретической физике, целью которого является самосогласованное квантовое описание гравитационного взаимодействия и объединение гравитации с остальными тремя фундаментальными силовыми полями: электромагнитным,

сильным и слабым в построении Теории Всего. Основные направления развития квантовой гравитации — теория струн и петлевая квантовая гравитация. В них вместо частиц и пространства-времени вводятся струны и их многомерные аналоги — браны. Построение квантовой гравитации тесно связано с формулировкой и развитием более общей концепции — так называемой мембранной теории, которая в пределе сводится к классической теории тяготения и квантовой теории поля.

Квантовая механика— область физики, изучающая свойства и поведение атомов и субатомных частиц. Квантовая (волновая) механика пытается объяснять как корпускулярные, так и волновые свойства вещества. Волна любой природы полностью описывается ее амплитудой и фазой, поэтому квантовая механика должна использовать именно такое описание. Функция волнового процесса представляет собой суперпозицию комплексных экспонент, взятых с определенными весами (амплитудами). Отсюда следует необходимость описания любой физической системы комплексной волновой функцией, амплитуда и фаза которой полностью определяют состояние такой системы. Это позволяет естественным образом описывать волновые явления, такие как интерференция элементарных частиц или, скажем, дифракция электронов на кристаллической решетке. Вероятность обнаружить частицу в некотором состоянии равна квадрату модуля волновой функции, что следует из вещественности величины вероятности. (Формально это легко понять: такая вероятность не должна зависеть от фазы волнового процесса в данной точке и быть вещественной, поэтому может содержать волновую функцию только в комбинации $\psi x \psi = |\psi|^2$.) Одно из отличий квантовой механики от обычной заключается в том, что вероятность обнаружить электрон в данном месте еще не полностью определяет его состояние. Для описания состояния электрона используется комплексная вероятность. Волновая функция и есть значение этой комплексной вероятности. Плотность вероятности обнару-

жения электрона в данной точке равна квадрату модуля комплексной вероятности. Комплексность приводит к эффекту интерференции: если комплексная вероятность электрона в точке *А*после прохождения через одну щель равна *p,*а комплексная вероятность электрона в точке *А*после прохождения через вторую щель равна — *p,*то если разрешить электрону проходить через обе щели, эта вероятность станет равна 0, то есть в этой точке электрон оказаться не может. Обратите внимание, что вероятность ограниченного в возможностях электрона выражается

ограниченным количеством волновых функций. В частности, прохождение электрона через единственное отверстие достаточно малого радиуса описывается функцией аналогичной функции распространения точечного источника волны.

Коллапс(гравитационный) — явление быстрого катастрофического сжатия массивного тела под действием его собственного гравитационного поля. Гравитационным коллапсом может заканчиваться эволюция звезд с массой свыше двух солнечных масс. После исчерпания в таких звездах ядерного горючего они теряют свою механическую устойчивость и начинают с увеличивающейся скоростью сжиматься к центру. Если растущее внутреннее давление останавливает гравитационный коллапс, то центральная область звезды становится сверхплотной нейтронной звездой, что может сопровождаться сбросом оболочки и наблюдаться как вспышка сверхновой звезды .Однако если радиус- звезды уменьшился до некоторого критического значения гравитационного радиуса, то никакие силы не могут воспрепятствовать ее дальнейшему сжатию и превращению в черную дыру (застывшую звезду, коллапсар).

Коллапсар(застывшая звезда, черная дыра) — сильно искривленная область пространства-времени, включающая сингулярность, окруженную горизонтом событий. Гравитационное притяжение коллапсаров настолько велико, что покинуть их не могут даже объекты, движущиеся со скоростью света. Граница этой области называется горизонтом событий, а ее радиус — гравитационным радиусом, или радиусом Шварцшильда. Существование коллапсаров следует из точных решений общей теории относительности, полученных Карлом Шварцшильдом.

Космология— физическое учение о Вселенной в целом, основанное на наблюдательных данных и теоретических выводах, относящихся к охваченной астрономическими наблюдениями части Вселенной. Фундамент космологии составляют основные физические теории тяготения, электромагнетизма и квантов. Эмпирическая база данных космологии формируется на основе внегалактических астрономических наблюдений, а ее выводы и обобщения имеют большое общенаучное

и философское значение. Важнейшую роль в космологических сценариях эволюции Вселенной играет тяготение, определяющее взаимодействие масс на больших метагалактических расстояниях, характерных для динамики космической материи.

Метрический тензор (метрика)— симметричное тензорное поле второго ранга на гладком многообразии, посредством которого задаются скалярное произведение векторов в касательном пространстве, длины кривых, углы между кривыми и т. д. В частном случае поверхности метрика также называется первой квадратичной формой. В общей теории относительности метрика рассматривается в качестве фундаментального физического поля гравитации на четырехмерном многообразии физического пространства-времени. Широко используется и в других построениях теоретической физики, в частности, в биметрических теориях гравитации на пространстве-времени рассматривают сразу две метрики.

Многомировая интерпретация— интерпретация квантовой механики, в которой все возможности, содержащиеся в вероятностной волне, реализуются в отдельных вселенных.

Многообразие— пространство, которое локально выглядит как обычное евклидово пространство. Евклидово пространство является самым простым примером многообразия. Более сложным примером может служить поверхность Земли. Возможно сделать карту какой-либо области земной поверхности, например карту полушария, но невозможно составить единую (без разрывов) карту всей ее поверхности. Исследования многообразий были начаты во второй половине XIX века, они, естественно, возникли при изучении дифференциальной геометрии и теории групп Ли. Тем не менее первые точные определения были сделаны только в 30-х годах XX века. Обычно рассматриваются так называемые гладкие многообразия, то есть те, на которых есть выделенный класс гладких функций, — в таких многообразиях можно говорить о касательных векторах и касательных пространствах. Чтобы измерять длины кривых и углы, нужна еще дополнительная структура — риманова метрика. В классической механике гладкие многообразия служат как фазовые пространства. В общей теории относительности четырехмерные псевдоримановы многообразия используются как модель для пространства-времени.

М-теория— незавершенная теория объединения всех пяти версий теории струн, полностью квантовомеханическая теория всех сил и всей материи.

Общая теория относительности (ОТО)— теория гравитации, выражающая тяготение через геометрию пространства-времени, созданная Альбертом Эйнштейном в 1915–1916 годах. В рамках этой теории,

являющейся дальнейшим развитием специальной теории

относительности, постулируется, что гравитационные эффекты обусловлены не силовым взаимодействием тел и полей, находящихся в пространстве-времени, а деформацией самого пространства-времени, которая связана, в частности, с присутствием массы-энергии. Таким образом, в ОТО гравитация не является силовым взаимодействием, а кривизна пространства-времени связана с распределением материи. ОТО в настоящее время является общепризнанной теорией тяготения, хорошо подтвержденной наблюдениями. Первый успех ОТО состоял в объяснении аномальной прецессии перигелия Меркурия. Затем было зафиксировано отклонения света вблизи Солнца в момент полного затмения. С тех пор наблюдения и эксперименты подтвердили многие предсказания ОТО, включая гравитационное замедление времени, гравитационное красное смещение, задержку сигналов в гравитационном поле и пока лишь косвенно — излучение волн тяготения. Кроме того, многочисленные наблюдения интерпретируются как подтверждения одного из самых таинственных и экзотических предсказаний ОТО — гравитационных коллапсаров в виде черных дыр (застывших звезд).

Позитивизм(от лат. *positivus*— положительный) — философское учение и направление в методологии науки, определяющее единственным источником истинного, действительного знания эмпирические исследования и отрицающее познавательную ценность философского исследования. Как социально-философское направление характеризуется стремлением исходить из данного, фактического, устойчивого, несомненного (позитивного), чтобы создать социальную теорию, свободную от умозрительных метафизических объяснений, доказательную и общезначимую, основанную на методологии, свойственной естественным наукам.

Поток Риччи— система дифференциальных уравнений в частных производных, нелинейный аналог уравнения теплопроводности. Эта система описывает деформацию римановой метрики на многообразии. Поток Риччи впервые исследовал Гамильтон в начале 1980-х годов. Используя поток Риччи, в 2002 году Перельману удалось доказать гипотезу Терстона, проведя тем самым полную классификацию компактных трехмерных многообразий, и доказать гипотезу Пуанкаре.

Принцип причинности— утверждение, что следствия должны происходить после своих причин, а не до них.

Принцип эквивалентности— представление о том, что в малых областях пространства-времени тяготение невозможно

отличить от ускорения. Формулируется так же, как утверждение о равенстве инертной и гравитационной масс. Принцип эквивалентности является одним из главных постулатов общей теории относительности. Он ограничивается

рассмотрением эффектов гравитации и равноускоренного движения, однако каждое подтверждение принципа эквивалентности является одновременно и подтверждением общей теории относительности.

Причинно-следственные связи— объективная закономерность окружающего нас мира, состоящая в том, что сначала возникает причина какого-либо явления или события, а затем наступает следствие.

Пространство-время— непрерывное четырехмерное многообразие (континуум), в котором три измерения пространственные, а четвертое — временное. Физическая модель, дополняющая пространство временным измерением и таким образом создающая новую теоретико-физическую конструкцию, которая и называется пространственно-временным континуумом. В соответствии с теорией относительности Вселенная имеет три пространственных измерения и одно временное измерение. Концепция пространства-времени допускает и классическую механику с независимым пространством и временем в нерелятивистском пределе. В контексте теории относительности время неотделимо от трех пространственных измерений и зависит от скорости наблюдателя. Количество измерений, необходимых для описания Вселенной, окончательно не определено. Например, современные теории струн и их обобщения требуют наличия свыше десяти измерений. Предполагается, что дополнительные ненаблюдаемые измерения свернуты до сверхмикроскопических (планковских) размеров, так что экспериментально они пока не могут быть обнаружены. Ожидается, тем не менее, что эти измерения каким-то образом проявляют себя в макроскопическом масштабе. Первый вариант модели естественного объединения пространства и времени был создан Германом Минковским (пространство Минковского) в 1908 году на основе специальной теории относительности.

Симметрия— преобразование физической системы, которое оставляет проявление системы неизменным (например, вращение совершенной сферы относительно ее центра оставляет сферу неизменной); преобразование физической системы, которое не влияет на законы, описывающие систему.

Сингулярность— место, где кривизна пространства-времени обращается в бесконечность (например, в центре черной дыры

или в изначальный момент Большого Взрыва).

Система координат (СК)— плоская СК из двух сторон прямоугольника (квадрата) и объемная СК из трех ребер куба, помеченных буквами или цифрами, или же векторная СК из точки отсчета с исходящим вектором, заканчивающимся на движущейся материальной точке.

Система отсчета (СО)— набор математических и геометрических элементов, с помощью которого любое движущееся в пространстве

тело можно привязать к местности. В СО входит тело (точка) отсчета, часы-хронометр и система координат.

Специальная теория относительности (СТО, частная теория относительности)— теория, обобщающая классическую механику при описании движения тел со субсветовыми скоростями. При малых скоростях различия между результатами СТО и ньютоновской механикой становятся незначительными. СТО является ковариантной формулировкой механики и электродинамики в плоском пространстве-времени.

Струнная теория— теорфизические построения, основывающиеся на одномерных колеблющихся нитях энергии, но которые необязательно включают суперсимметрию. Иногда эта теория рассматривается как сокращение теории суперструн, в которой фундаментальные ингредиенты являются одномерными петлями (замкнутые струны) или обрывками (открытые струны) колеблющейся энергии. Теория суперструн объединяет общую теорию относительности (теорию гравитации Эйнштейна) и квантовую механику на основе суперсимметрии, в которой законы не изменяются, когда частицы с целочисленным спином (частицы сил) взаимозаменяются на частицы с полуцелым (частицы материи).

Темная материя— невидимая субстанция, о наличии которой можно судить только по ее гравитационному воздействию. Согласно существующим теориям, на темную материю приходится около 25 %массы Вселенной, однако ученые не могут точно установить ее природу. Темная материя сродни обычному веществу в том смысле, что она способна собираться в сгустки размером с галактику или скопление галактик и участвует в гравитационных взаимодействиях так же, как обычное вещество. Скорее всего, она состоит из новых, не открытых еще в земных условиях частиц. Помимо космологических данных в пользу существования темной материи говорят измерения гравитационного поля в скоплениях галактик и в отдельных галактиках. Существует несколько путей поиска частиц темной

материи. Один из них связан с экспериментами на будущих ускорителях высокой энергии — коллайдерах. Если частицы темной материи действительно тяжелее протона в 100-1000 раз, то они будут рождаться в столкновениях обычных частиц, разогнанных на коллайдерах до высоких энергий (энергий, достигнутых на существующих коллайдерах, для этого не хватает). Ближайшие перспективы здесь связаны с находящимся в научно-исследовательском центре ЦЕРН близ Женевы Большим адронным коллайдером (БАК), на котором получают встречные пучки протонов с гигантской энергией. Согласно гипотезам, частицы темной материи являются представителями нового семейства элементарных частиц, и космология подсказывает, что известными сегодня «кирпичиками» мир элементарных частиц далеко не исчерпывается!

-247-

Темная энергия— субстанция неизвестной природы, составляющая около 70 % и равномерно распределенная по всей Вселенной. Темная энергия в определенном смысле испытывает антигравитацию, следующую из современных астрономических методов измерения темпа расширения Вселенной и свидетельствующую о том, что около семи миллиардов лет назад Вселенная стала расширяться с ускорением так, что темп расширения со временем растет. В этом смысле и можно говорить об антигравитации: обычное гравитационное притяжение замедляло бы разбегание галактик, а в нашей Вселенной происходит все наоборот. Это не противоречит общей теории относительности, однако для этого темная энергия должна обладать специальным свойством — отрицательным давлением. Это резко отличает ее от обычных форм материи и делает главной загадкой фундаментальной физики XXI века. Один из кандидатов на роль темной энергии — вакуум. Плотность энергии вакуума не изменяется при расширении Вселенной, а это и означает отрицательное давление вакуума. Другой кандидат — новое сверхслабое поле, пронизывающее всю Вселенную; для него употребляют термин «квинтэссенция». Другой путь объяснения ускоренного расширения Вселенной состоит в том, чтобы предположить, что сами законы гравитации видоизменяются на космологических расстояниях и в космологических временах. Из этого следует существование дополнительных размерностей пространства, помимо тех трех измерений, которые мы воспринимаем в повседневном опыте.

Топология(от греч. τοωος; — место и λογος —слово, учение) — раздел математики, изучающий в самом общем виде явление непрерывности, в частности, свойства пространства,

которые остаются неизменными при непрерывных деформациях, например связность и ориентируемость. В отличие от геометрии в топологии не рассматриваются метрические свойства объектов (например, расстояние между парой точек). С точки зрения топологии кружка и бублик (полноторий) неотличимы. Весьма важными для топологии являются понятия гомеоморфизма и гомотопии. Грубо говоря, это типы деформации, происходящие без разрывов и склеиваний.

Трансляционная инвариантность(трансляционная симметрия) — свойство принятых законов природы, когда они применимы в любом месте пространства.

Эргосфера— область, окружающая керровскую черную дыру и расположенная между пределом статичности и внешним горизонтом событий, где находиться в состоянии покоя невозможно.

Эфир мировой, светоносный— исторический аналог физического вакуума. Первые модели некой всепроникающей универсальной среды упоминались еще в рассуждениях античных метафизиков.

-248-

В дальнейшем идея эфира получила развитие в трудах энциклопедистов эпохи Возрождения, считавших, что межзвездное пространство заполнено какой-то невидимой и неосязаемой тонкой субстанцией. Когда была получена система уравнений Максвелла, предсказывающая, что свет распространяется в пространстве с конечной скоростью, даже сам автор этой теории полагал, что электромагнитные волны распространяются в среде подобно тому, как акустические волны распространяются в воздухе, а морские — в воде, В первой половине XIX века ученые даже тщательно проработали теоретическую модель эфира и механику распространения света, включая всевозможные рычаги и оси, якобы способствующие распространению колебательных световых волн в эфире.

-249-

Литература

1. Араго Ф. Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров. — М.: РХД, 2000.

2. Арнольд В. И. Что такое математика? — М.: МЦНМО, 2008.

3. Арсенов О. Физика времени. — М.: Эксмо, 2010.

4. Вайнберг С. Мечты об окончательной теории: Физика в поисках самых фундаментальных законов природы. — М.: УРСС, 2004.

5. Грин Б. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. — М.: ЛКИ, 2008.

6. Грин Б. Ткань космоса: Пространство, время и структура реальности — М.: Либроком, 2009.

7. Дойч Д. Структура реальности. — М.: РХД, 2001.

8. Кадомцев С. Б. Геометрия Лобачевского и физика — М.: УРСС, 2007.

9. Каку М. Введение в теорию суперструн. — М.: Мир, 1999.

10. Каку М. Параллельные миры. — К.: София, 2008.

11. Клайн М. Математика. Утрата определенности. — М.: Мир, 1984.

12. Клайн М. Математика. Поиск истины. — М.: Мир, 1988.

13. Кутюра Л. Философские принципы математики. — М.: ЛКИ, 2010.

14. Ласло Э. Шепчущий пруд. Персональный путеводитель по новому видению науки. — М.

15. Лошак Ж. Геометризация физики. — Ижевск: РХД, 2005.

16. Марков М. А. О трех интерпретациях квантовой механики. — М.: Наука, 1991.

17. Паркер Б. Мечта Эйнштейна: в поисках единой теории строения Вселенной. — М.: Наука, 1991.

18. Пенроуз Р. Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной. Полный путеводитель. — М.: УРСС, 2007.

19. Пуанкаре А. О науке. — М.: Наука, 1990.

20. Пуанкаре А. Последние работы. — Ижевск: РХД, 2001.

21. Пуанкаре А. Наука и гипотеза. — М.: Либроком ,2010.

22 .Пуанкаре А., Кутюра Л. Математика и логика. — М.: ЛКИ, 2010.

23. Розенталь И. Л., Архангельская И. В. Геометрия, динамика, Вселенная. — М.: УРСС, 2003.

24. Рубин С. Г. Устройство нашей Вселенной. — М.: Век 2, 2006.

25. Тяпкин А., Шибанов А. А. Пуанкаре — М.: Молодая

гвардия, 1982.

26. Утияма Р. К чему пришла физика (от теории относительности к теории калибровочных полей). — М.: Мир, 1986.

27. Фейгин О. О. Тайны Вселенной. — Харьков: Фактор, 2008.

28. Фейгин О. О. Большой Взрыв. — М.: Эксмо, 2009.

29. Фейгин О. О. Великая квантовая революция. — М.: Эксмо, 2009.

30. Фейгин О. О. Физика нереального. — М.: Эксмо, 2010.

31. Фейгин О. О. Стивен Хокинг. Гений черных дыр. — М.: Эксмо, 2010.

32. Фейгин О. О. Тайны квантового мира. — М.: АСТ, 2010.

33. Хван М. П. Неистовая Вселенная: от Большого Взрыва до ускоренного расширения, от кварков до суперструн. — М.: УРСС, 2006.

34. Хокинг С, Пенроуз Р. Природа пространства и времени. — Ижевск: РХД, 2000.

35. Хокинг С, Млодинов Л. Кратчайшая история времени. — М.: Амфора, 2006.

36. Хокинг С. Черные дыры и молодые вселенные. — М.: Амфора, 2006.

37. Хокинг С. Мир в ореховой скорлупке. — М.: УРСС, 2007.

38. Черепащук А. М., Чернин А. Д. Вселенная, жизнь, черные дыры. — М.: Век 2, 2005.

39. Черепащук А. М. Черные дыры во Вселенной. — М.: Век 2, 2005.

40. Эддингтон А. Пространство, время и тяготение. — М.: УРСС, 2003.

41. Эддингтон А. Относительность и кванты. — М.: УРСС, 2009.

42. Эйнштейн А. Физика и реальность. — М.: Наука, 1963.

43. Эйнштейн А. Работы по теории относительности. — СПб.: Амфора, 2008.

44. Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. — М.: Терра, 2009.

Ссылки на использованные иллюстрации

Рис. 1. Медаль Филдса (аверс) (www.fields.utoronto.ca).

Рис. 2. Медаль Филдса (реверс) (www.fields.utoronto.ca).

Рис. 3. Непостижимая простота и сложность Вселенной, описываемая математикой (www.nasa.gov).

Рис. 4. Альберт Эйнштейн (1879–1955) в молодости, во времена работы в Бернском патентном бюро (www.allaboutscience.org).

Рис. 5. Артур Стенли Эддинттон (1882–1944) (www.allaboutscience.org). Рис. 6. Жюль Анри Пуанкаре (1854–1912) (www.allaboutscience.org). Рис. 7. Пуанкаре в молодости (www.allaboutscience.org). Рис. 8. Пуанкаре — профессор университета (www.allaboutscience.org). Рис. 9. Ученый в кругу семьи (www.allaboutscience.org). Рис. 10. Память о выдающемся ученом (www.allaboutscience.org). Рис. 11. Институт теоретической физики имени Пуанкаре (www.ihp.jussieu.fr).

Рис. 12. На первом Сольвеевском конгрессе 1911 года (www.allaboutscience.org).

Рис. 13. Математик, философ, физик (www.allaboutscience.org).

Рис. 14. Альберт Эйнштейн и Хендрик Лоренц (www.allaboutscience.org).

Рис. 15. Смещение перигелия Меркурия (www.physlink.com).

Рис. 16. Пространство-время Минковского в теории относительности Эйнштейна (www.physlink.com).

Рис. 17. *Континуальные*представления Пуанкаре неевклидова пространства-времени (www.physlink.com).

Рис. 18. Топологическое многообразие Пуанкаре (www.physlink.com).

Рис. 19. Гипотеза Перельмана для топологии низших измерений (www.aps.org).

Рис. 20. Дискретный код трехмерной поверхности Терстона (www.aps.org).

Рис. 21. Модельные переходы в центр индетерминации Вселенной Пуанкаре (www.aps.org).

Рис. 22. Григорий Яковлевич Перельман (www.mathlink.com).

Рис. 23. Карикатура из еженедельника «Нью Йоркер» на китайского математика Шин-Тун Яу, упорно оспаривавшего паритет Григория Яковлевича Перельмана в решении проблемы

Пуанкаре (www.mathlink.com).

Рис. 24. 9-й класс школы. Григорий Перельман крайний справа в нижнем ряду (www.mathlink.com).

Рис. 25. На уроке в школе № 239 (www.mathlink.com).

Рис. 26. Победители международной математической олимпиады (Григорий Перельман — третий справа) (www.mathlink.com).

Рис. 27. Санкт-Петербургский государственный университет (www.spbu.ru).

Рис. 28. Дружеский шарж на великого математика его китайского коллеги Ганг Тяна (www.mathlink.com).

Рис. 29. Электронная модель преобразования Пуанкаре — Перельмана (www.mathlink.com).

Рис. 30. Односвязное двумерное многообразие Пуанкаре (www.mathlink.com).

Рис. 31. Преобразования двумерных многообразий (современное компьютерное моделирование) (www.mathlink.com).

Рис. 32. Замкнутое односвязное трехмерное пространство своеобразно иллюстрирует сфера Эшера (www.mathlink.com).

Рис. 33. Ричард Гамильтон, профессор математики Колумбийского университета (США) (www.mathlink.com).

Рис. 34. Планетарная поверхность как аналог двумерной сферы — одного из основных элементов доказательства теоремы Пуанкаре — Перельмана (www.nasa.gov).

Рис. 35. Топологические метаморфозы (по мотивам М. Эшера) (www.ihp.jussieu.fr).

Рис. 36. Бесконечность топологической эволюции (www.ihp.jussieu.fr).

Рис. 37. Пространство Калаби — Яу физической теории суперструн (www.physlink.com).

Рис. 38. Институт Клэя в Кембридже, штат Массачусетс (www.physlink.com).

Рис. 39. Один из вариантов визуализации топологических преобразований Перельмана при решении задачи Пуанкаре (www.physlink.com).

Рис. 40. Вселенная Большого Взрыва (сверхдалекие формирующиеся галактики, увиденные космическим телескопом Хаббла) (www.physlink.com).

Рис. 41. Новорожденная Вселенная (www.nasa.gov).

Рис. 42. Наглядная история Большого Взрыва (www.nasa.gov).

Рис. 43. Первичные топологические флуктуации метрики

пространства-времени (www.nasa.gov).

Рис. *44.*Инфляционная экспансия в представлении многообразия Пуанкаре — Перельмана (www.physlink.com).

Рис. 45. Геометризация единого поля в границах континуальных представлений теоремы Пуанкаре — Перельмана (www.physlink.com).

Рис. 46. Пространство вложенных измерений многообразия Пуанкаре — Перельмана (www.mathlink.com).

Рис. 47. Свернутое пространство гомотопии Перельмана (www.mathlink.com).

Рис. 48. Мир суперновой физики пространства-времени в теореме Пуанкаре — Перельмана (www.mathlink.com).

Рис. 49. Хромосомы на бране Мира (www.physlink.com).

Рис. 50. Пространство суперструн (www.physlink.com).

Рис. 51. Топологически закольцованная суперструна (www.physlink.com).

Рис. 52. Эволюция суперструнных бран (http:// superstringtheory.com).

Рис. 53. Мир, запутанный в суперструны (http:// superstringtheory.com).

Рис. 54. Многомирье фридмонов (http:// superstringtheory.com).

Рис. *55.*В глубине Мироздания: переплетение мембран, фридмонов и максимонов (http://superstringtheory.com).

Рис. 56. Проективный образ квазизамкнутого мира квантового вакуума с многосвязной топологией Пуанкаре — Перельмана (www.ihp.jussieu.fr).

Рис. 57. Мегагигантская квазичастица — фридмон (www.ihp.jussieu.fr).

Рис. 58. Псевдоевклидова ячейка пространства-времени в топологии Пуанкаре — Перельмана по отношению к суперсимметричному хроноквантовому планкеону (www.ihp.jussieu.fr).

Рис. 59. Проекционная модель континуума Минковского (www.physlink.com).

Рис. 60. Схема построения темпоральной оболочки вдоль оси субстанционального времени (www.physlink.com).

Рис. 61. Параллели и меридианы мнимого времени (www.physlink.com).

Рис. 62. Топология Пуанкаре — Перельмана для хроноквантового континуума темпорального Мультиверса (www.physlink.com).

Рис. 63. Проективная схема атемпоральной гиперповерхности Мультиу ниверсу ма (www.physlink.com).

Рис. 64. Внешний взгляд на многообразие Пуанкаре — Перельмана (www.physlink.com).

Рис. 65. Квантовый Мультиверс в классическом виде (www.physlink.com).

Рис. 66. Квантовые вселенные (www.physlink.com).

Рис. 67. Континуальная метрика квантового Мультиверса в преобразованиях Перельмана (www.physlink.com).

Рис. 68. Метрические ячейки в схематичной модели суперсимметричного квантового Мультиверса (www.physlink.com).

Рис. 69. Генерация на квантовой браме омега-области с экстремумом в точке Алеф (www.ihp.jussieu.fr).

Рис. 70. Многоразмерный Алеф-экстремум омега-гиперповерхности (www.ihp.jussieu.fr).

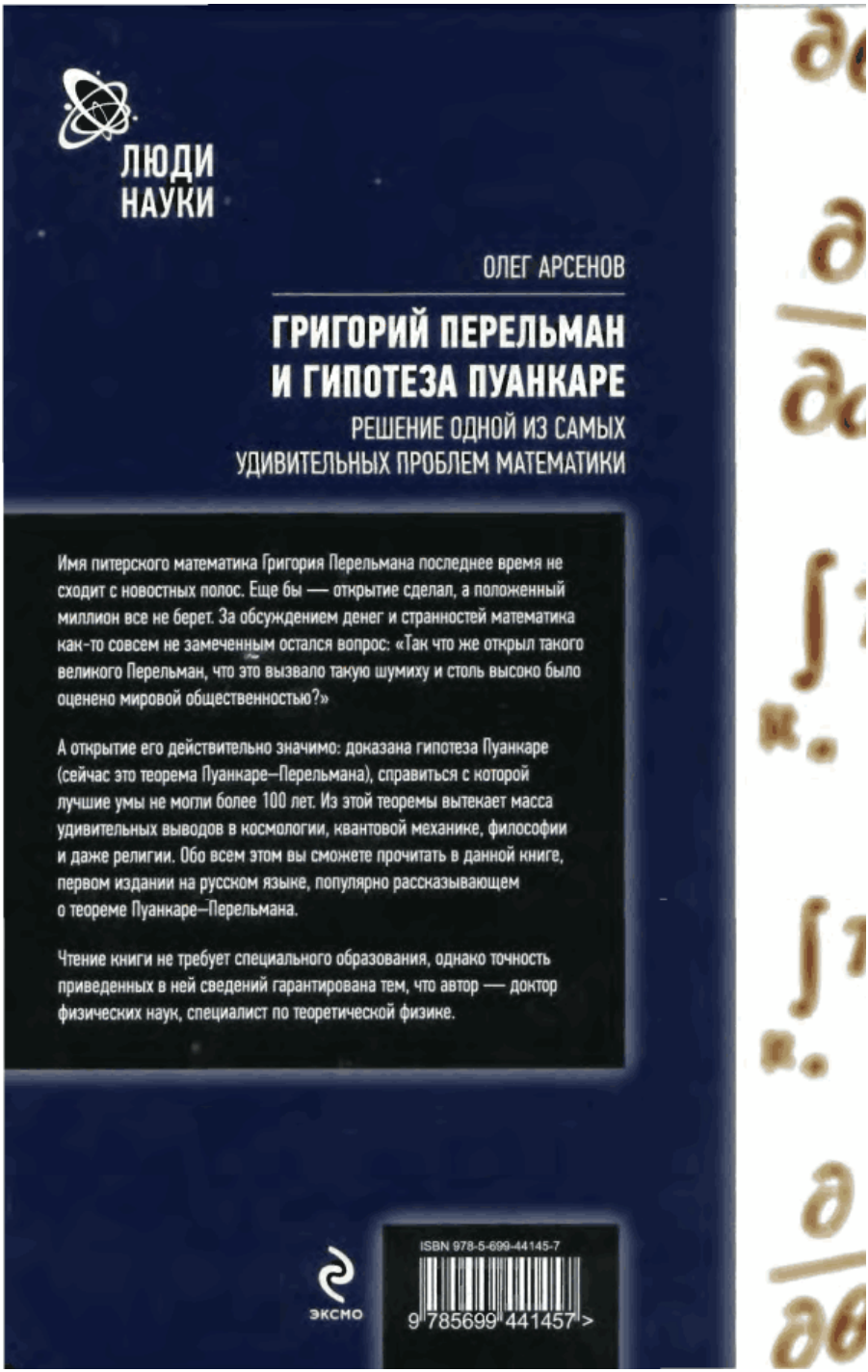
Рис. 71. Графический образ континуальных преобразований в теореме Пуанкаре — Перельмана (www.ihp.jussieu.fr).

Рис. 72. Эволюция метрики замкнутого многообразия Пуанкаре — Перельмана (www.ihp.jussieu.fr).

Рис. 73. Живем ли мы внутри черной дыры? «Цитрусовая» поверхность метрики Керра как история нашего Мира от Большого Взрыва до Большого хлопка по теореме Пуанкаре — Перельмана (www.mathlink.com).

Рис. 74. Проверка топологической целостности Вселенной по теореме Пуанкаре — Перельмана в процессе подпространственных переходов из одного мира в другой (www.mathlink.com).

Научно-популярное издание
ЛЮДИ НАУКИ
Арсенов Олег Орестович
ГРИГОРИЙ ПЕРЕЛЬМАН И ГИПОТЕЗА ПУАНКАРЕ
ISBN 978-5-699-44145-7


ЛЮДИ НАУКИ
ОЛЕГ АРСЕНОВ
ГРИГОРИЙ ПЕРЕЛЬМАН И ГИПОТЕЗА ПУАНКАРЕ
РЕШЕНИЕ ОДНОЙ ИЗ САМЫХ УДИВИТЕЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ МАТЕМАТИКИ
Имя питерского математика Григория Перельмана последнее время не сходит с новостных полос. Еще бы — открытие сделал, а положенный миллион все не берет. За обсуждением денег и странностей математика как-то совсем не замеченным остался вопрос: «Так что же открыл такого великого Перельман, что это вызвало такую шумиху и столь высоко было оценено мировой общественностью?»
А открытие его действительно значимо: доказана гипотеза Пуанкаре (сейчас это теорема Пуанкаре–Перельмана), справиться с которой лучшие умы не могли более 100 лет. Из этой теоремы вытекает масса удивительных выводов в космологии, квантовой механике, философии и даже религии. Обо всем этом вы сможете прочитать в данной книге, первом издании на русском языке, популярно рассказывающем о теореме Пуанкаре–Перельмана.
Чтение книги не требует специального образования, однако точность приведенных в ней сведений гарантирована тем, что автор — доктор физических наук, специалист по теоретической физике.
ISBN 978-5-699-44145-7
9 785699 441457
ЭКСМО

notes

Примечания

1

Педагог по математике Г. Перельмана в 9-10-х классах.

С 1992 года — Санкт-Петербургское отделение Математического института им. В. А. Стеклова РАН.